

**PENGARUH VARIASI ASETON-BENSIN DENGAN PEMASANGAN *BEND GRID*
PADA *INTAKE MANIFOLD* TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

EKO PRASETIA

0310622009 – 62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007



**PENGARUH VARIASI ASETON-BENSIN DENGAN PEMASANGAN *BEND GRID*
PADA *INTAKE MANIFOLD* TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

Eko Prasetya
NIM. 0310622009

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 132 159 708

Ir. Agustinus Ariseno
NIP. 131 653 470



**PENGARUH VARIASI ASETON-BENSIN DENGAN PEMASANGAN *BEND GRID*
PADA *INTAKE MANIFOLD* TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH**

Disusun Oleh:
EKO PRASETIA
0310622009-62

DOSEN PENGUJI

Skripsi 1

Skripsi 2

Ir. Winarno Yahdi Atmadja, MT.
NIP. 131 280 655

Ir. Handono Sasmito, MENG., SC.
NIP. 130 818 811

Komprehensif

Ir. I Made Gunadiarta, MT.
NIP. 130 604 495

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 132 159 708



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi aseton-Bensin Dengan Pemasangan Bend Grid Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah”**

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas dukungan dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Dr. Ir. Rudy Soenoko, M. Eng. Sc. sebagai Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi.
4. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT. selaku dosen pembimbing pertama.
5. Bapak Ir. Agustinus Ariseno selaku dosen pembimbing kedua.
6. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Rekan-rekan mahasiswa teknik mesin yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang penulis miliki, tentunya skripsi ini masih banyak membutuhkan masukan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi para pembaca. Amien.

Malang, medio Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2. Motor Bakar Torak.....	4
2.3. Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah.....	5
2.3.1. Siklus Ideal Motor Bakar Bensin Empat Langkah.....	7
2.3.2. Siklus Aktual Motor Bakar Bensin Empat Langkah.....	8
2.4. Pembakaran.....	9
2.4.1. Pembakaran Pada Motor Bensin.....	10
2.5. Pengaruh aliran Berpusar Terhadap Campuran Bahan Bakar Dan Udara.....	11
2.6. Kinerja Motor Bensin Empat Langkah.....	13
2.7. <i>Grid</i>	16
2.7.1. <i>Bend Grid</i>	17
2.8. Penambahan Aseton Pada Bahan Bakar Bensin.....	18
2.9. Hipotesis.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian	19

3.2 Benda Uji dan Peralatan yang Digunakan.....	19
3.2.1 Benda Uji yang Digunakan.....	19
3.2.2 Peralatan yang Digunakan.....	20
3.3 Variabel Penelitian.....	21
3.4 Tempat Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	22
3.6 Analisis Statistika	23
3.7 Diagram Alir Penelitian	28

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data	29
4.1.1 Data hasil pengujian.....	29
4.1.1.1 Pengujian tanpa penambahan aseton.....	29
4.1.1.2 Pengujian dengan penambahan aseton 1,5%.....	29
4.1.1.3 Pengujian dengan penambahan aseton 1%.....	30
4.1.1.4 Pengujian dengan penambahan aseton 0,5%.....	30
4.1.2 Pengolahan data	31
4.1.3 Analisis varian	32
4.1.3.1 Analisis statistik untuk torsi.....	33
4.1.3.2 Analisis statistik untuk daya efektif.....	34
4.1.3.3 Analisis statistik untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif.....	34
4.1.3.4 Analisis statistik untuk efisiensi termal efektif.....	35
4.1.3.5 Analisis statistik untuk kadar gas CO di dalam gas buang.....	35
4.2 Pembahasan	36
4.2.1 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi	36
4.2.2 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif.....	38
4.2.3 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif.....	39
4.2.4 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif.....	40

4.2.5 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang..... 42

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 44
5.2 Saran 44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

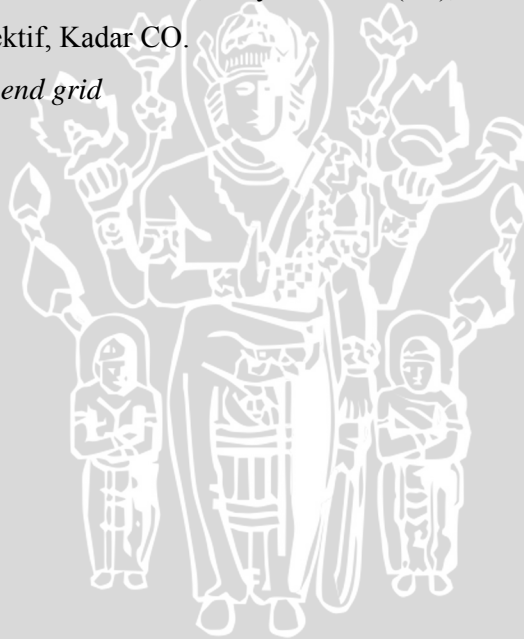
No	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan	24
Tabel 3.2	Rancangan analisis varian	26
Tabel 3.3	Penyederhanaan model dua arah dengan ulangan	26
Tabel 4.1	Data hasil pengujian motor bensin empat langkah tanpa penambahan aseton.....	29
Tabel 4.2	Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 1,5%.....	29
Tabel 4.3	Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 1%.....	30
Tabel 4.4	Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 0,5%.....	30
Tabel 4.5	Analisis varian dua arah untuk torsi.....	33
Tabel 4.6	Analisis varian dua arah untuk daya efektif.....	34
Tabel 4.7	Analisis varian dua arah untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif.....	34
Tabel 4.8	Analisis varian dua arah untuk efisiensi termal efektif.....	35
Tabel 4.9	Analisis varian dua arah untuk kadar gas CO di dalam gas buang.....	35

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Skema langkah kerja motor bakar empat langkah	6
Gambar 2.2	Diagram hubungan antara tekanan (p) - volume spesifik (v) dan temperatur (T) – entropi (s)	7
Gambar 2.3	Siklus aktual motor bensin empat langkah	8
Gambar 2.4	Pengaruh putaran mesin terhadap intensitas turbulensi.....	12
Gambar 2.5	Grafik kecepatan rata-rata pembakaran dalam ruang bakar.....	12
Gambar 2.6	Turbulensi di belakang <i>grid</i>	16
Gambar 2.7	Efek dari sirip terhadap turbulen.....	17
Gambar 3.1	Spesimen benda uji.....	19
Gambar 3.2	Susunan instalasi peralatan uji.....	20
Gambar 3.3	Diagram alir pelaksanaan penelitian.....	28
Gambar 4.1	Hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi.....	36
Gambar 4.2	Hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif.....	38
Gambar 4.3	Hubungan antara putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif.....	39
Gambar 4.4	Hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif.....	41
Gambar 4.5	Hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran I	Data hasil penelitian tanpa aseton
Lampiran II	Data hasil penelitian aseton 0,5%
Lampiran III	Data hasil penelitian aseton 1%
Lampiran IV	Data hasil penelitian aseton 1,5%
Lampiran V	Tabel hubungan $\frac{P_1 - P_2}{P_1} - \varepsilon, \theta - P_s$ dan $\theta - \gamma_w$
Lampiran VI	Tabel F untuk $\alpha = 5\%$
Lampiran VII	Grafik hubungan putaran dengan Torsi, Daya efektif (Ne), SFCE, Efisiensi termal efektif, Kadar CO.
Lampiran VIII	Anava 2 arah dari Torsi, Daya efektif (Ne), SFCE, Efisiensi termal efektif, Kadar CO.
Lampiran XI	Gambar <i>bend grid</i>



RINGKASAN

Eko Prasetya, Juli 2007

Pengaruh Variasi Aseton-Bensin Dengan Pemasangan Bend Grid Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah

Skripsi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

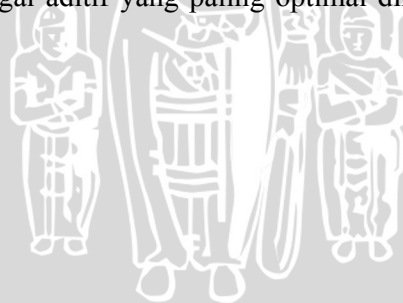
Dosen Pembimbing : I. Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.

II. Ir. Agustinus Ariseno

Ketergantungan Indonesia pada minyak bumi sebagai bahan bakar motor bakar sangatlah besar, terutama di bidang transportasi darat. Selain karena ketersediannya yang mulai terbatas, kecenderungan harga minyak dunia yang semakin tinggi akan semakin membuat kemampuan masyarakat untuk membeli bahan bakar semakin berkurang. Usaha penghematan bahan bakar cukup mendesak untuk dilakukan. Salah satunya yaitu dengan penambahan aseton pada bensin dan pemasangan *grid* penghalang pada *intake manifold*. Pada penelitian ini akan diketahui bagaimana penambahan aseton dan *grid* penghalang mampu menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik efektif, yang berujung pada meningkatnya unjuk kerja motor bensin empat langkah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan aseton pada bensin dan pemasangan *grid* penghalang dapat meningkatkan efisiensi termal efektif dan unjuk kerja pada motor bensin empat langkah, serta untuk menentukan prosentase aseton yang menghasilkan unjuk kerja paling optimal. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental semu dan menggunakan uji statistik dengan metode analisis varian dua arah (anava) untuk mengetahui pengaruhnya.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aseton dan pemasangan *grid* 140° sebagai penghalang pada *intake manifold* motor bensin empat langkah, mampu meningkatkan unjuk kerja motor bensin empat langkah. Secara keseluruhan diperoleh bahwa penambahan aseton sebagai aditif yang paling optimal dihasilkan pada prosentase 1,5%.



BAB I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sejarah motor bakar dimulai pada tahun 1876 ketika Nicolaus August Otto berhasil membuat motor bakar pertama. Motor bakar ini adalah pengembangan dari mesin uap yang ditemukan James Watt lebih dari 200 tahun yang lalu, dimana manusia untuk pertama kalinya berhasil mengubah energi panas menjadi energi mekanis. Penemuan ini merupakan cikal bakal perkembangan industri kendaraan bermotor yang berkembang hingga sekarang.

Penggunaan motor bakar sebagai sumber penggerak paling utama penggunaannya sudah meluas ke seluruh dunia, termasuk Indonesia. Hal ini disebabkan karena pengoperasiannya yang sederhana dan mudah, serta biaya operasionalnya yang rendah. Untuk jangka waktu yang cukup lama, penggunaan motor bakar bagi masyarakat dunia masih belum tergantikan.

Motor bakar torak mengkonversikan tenaga termal menjadi tenaga penggerak. Tenaga termal diperoleh dari pembakaran bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan pada motor bakar adalah bahan bakar fosil yang umumnya berupa bensin dan solar. Motor bakar torak yang digunakan sebagai penggerak sarana transportasi secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yang pertama adalah *spark ignition engine* (SIE), yaitu motor bakar torak yang penyalanya menggunakan pemacu berupa percikan bunga api, sedangkan yang kedua adalah *compression ignition engine* (CIE), yaitu motor bakar torak yang penyalanya menggunakan kompresi.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan kompleks manusia, maka kebutuhan akan tersedianya sarana transportasi sebagai sarana pendukung juga akan meningkat. Hal ini berakibat pada meningkatnya kebutuhan bahan bakar fosil sebagai media sumber tenaga bagi sarana transportasi. Ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber tenaga ada batasnya, sehingga diperlukan penghematan dalam pemanfaatannya.

Penggunaan *bend grid* ternyata dapat lebih menyempurnakan campuran bahan bakar dan udara, karena *bend grid* menciptakan olakan pada aliran campuran bahan bakar dan udara yang masuk kedalam silinder sehingga pembakaran lebih cepat. Berdasarkan penelitian berjudul “Analisis Karakteristik Kinerja Motor *Bensin* Empat Langkah Dengan

Pemasangan *Bend Grid* Pada *Intake Manifold*' oleh Arya Yudha Prasetya (2006), dengan *bend grid* 140°, mesin bensin memiliki efisiensi termal terbesar.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh aseton-bensin terhadap unjuk kerja pada motor bensin empat langkah dengan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*.
2. Berapa aseton-bensin yang dapat menghasilkan unjuk kerja yang optimal dengan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*.

1.3. BATASAN MASALAH:

Agar pembahasan lebih terfokus dan tidak menyimpang, maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan adalah mesin datsun 1567 cc, empat langkah, empat silinder dalam keadaan tidak berjalan dan kondisinya normal.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar bensin.
3. Bahan bakar bensin diberikan zat aditif berupa aseton (C_3H_6O) sebesar 0,5 %, 1%, 1,5%.
4. Kondisi udara atmosfer dianggap konstan sehingga perubahan yang mungkin terjadi diabaikan.
5. Kinerja motor bakar yang diamati adalah daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal efektif.
6. Properties aliran sebelum dan sesudah melewati *bend grid* tidak diamati.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh aseton-bensin terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah dengan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*.
2. Untuk mengetahui berapa aseton-bensin yang dapat menghasilkan unjuk kerja yang optimal dengan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat bagi pembaca, antara lain:

1. Memberikan sumbangan pemikiran mengenai fenomena yang terjadi pada penelitian variasi bensin-aseton terhadap unjuk kerja yang dihasilkan.
2. Mendapatkan cara alternatif penghematan konsumsi bahan bakar pada motor bakar bensin empat langkah.
3. Mendapatkan variasi bensin-aseton yang paling efektif sehingga didapatkan manfaat yaitu peningkatan unjuk kerja.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang aseton untuk memperbaiki kinerja motor bensin telah dilakukan sebelumnya, penelitian tersebut mengulas tentang penggunaan aseton sebagai zat aditif yang dicampurkan pada bahan bakar bensin dengan prosentase yang berbeda dan pengaruhnya terhadap motor bensin empat langkah (<http://www.lubedev.com/smartgas/>, 2005). Pada penelitian ini divariasikan kandungan aseton yang dicampur ke dalam bahan bakar solar, yaitu sebesar 1%, 2%, 4%, dan 10% dari konsumsi bahan. Ternyata dengan penambahan aseton menghasilkan efisiensi yang lebih baik di bandingkan mesin dengan bahan bakar tanpa penambahan aseton. Aseton terbukti mampu menambah nilai kalor bahan bakar bensin sehingga lebih menyempurnakan penguapan bahan bakar bensin didalam ruang bakar. Hasilnya pembakaran menjadi lebih sempurna karena bensin lebih mudah terbakar dan berujung pada peningkatan efisiensi termal mesin bensin.

Pada penelitian selanjutnya tentang pengaruh pemasangan *bend grid* pada *intake manifold* terhadap karakteristik kinerja motor bensin empat langkah (Prasetya, 2006). Penelitian ini menggunakan *bend grid* yang dipasang pada intake manifold dengan berbagai variasi sudut 120°, 140°, 160°. Ternyata dari penelitian ini dapat diketahui bahwa *bend grid* dengan sudut 140° memiliki efisiensi termal terbesar pada motor bensin empat langkah.

Pengaruh *bend grid* terhadap kinerja motor bensin sudah diteliti sebelumnya, tetapi bagaimana pengaruh saluran *bend grid* 140° dengan penggunaan bahan bakar aseton-bensin terhadap unjuk kerja pada motor bensin empat langkah belum pernah diteliti. Untuk itu penelitian-penelitian diatas dapat dijadikan dasar bagaimana pengaruh penggunaan aseton pada motor bensin.

2.2 Motor Bakar Torak

Motor bakar torak adalah suatu mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mesin yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi termal yang digunakan diperoleh dari pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen yang berasal dari udara. Proses ini berlangsung dalam ruangan yang dibatasi dinding silinder, kepala silinder dan puncak torak, sehingga motor bakar torak termasuk dalam golongan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Gas yang dihasilkan dari proses pembakaran berfungsi sebagai fluida kerja yang digunakan

untuk menggerakkan torak yang oleh batang penghubung di hubungkan dengan poros engkol.

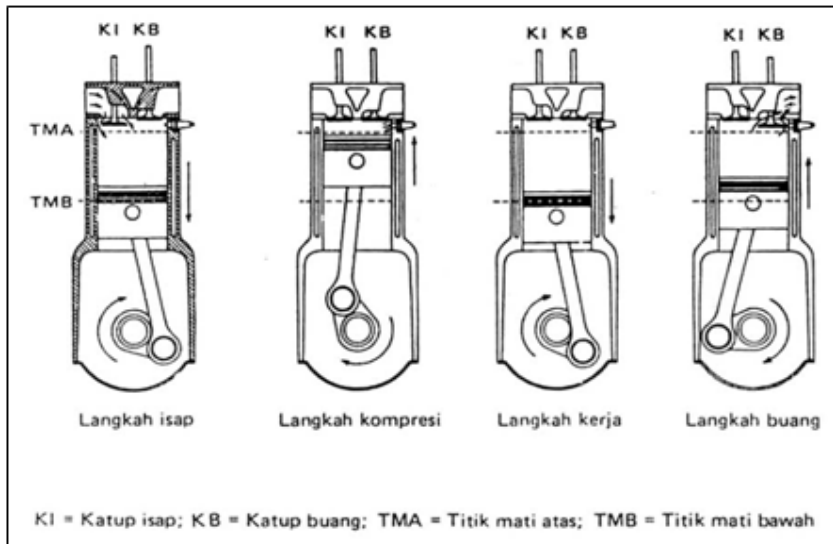
Motor bakar torak lebih sederhana, lebih kompak, dan lebih ringan jika dibandingkan dengan mesin uap, karena pada motor bakar torak tidak terjadi perpindahan panas dari gas hasil pembakaran ke fluida kerja. Karena itu jumlah komponen motor bakar torak lebih sedikit daripada komponen mesin uap. Oleh sebab itu penggunaan motor bakar torak di bidang transportasi sangatlah menguntungkan.

Berdasarkan jenis penyalannya motor bakar torak dibagi menjadi dua macam yaitu motor bensin (*Otto*) dan motor diesel. Pada motor bensin, bahan bakar dinyalakan oleh percikan bunga api listrik dari busi sehingga disebut juga *spark ignition engine*. Sedangkan pada motor diesel penyalan bahan bakar terjadi dengan sendirinya karena adanya tekanan dan temperatur yang tinggi dalam silinder sehingga disebut juga *compression ignition engine*.

Selain berdasarkan jenis penyalannya, motor bakar torak juga dapat dibedakan berdasarkan jumlah langkah tiap siklus, yaitu motor bakar dua langkah dan motor bakar empat langkah. Motor bakar dua langkah adalah motor bakar yang memerlukan dua kali langkah piston dalam satu kali siklus kerjanya, satu kali langkah piston adalah gerak piston dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya. Sedangkan motor bakar empat langkah adalah motor bakar yang memerlukan empat kali langkah piston dalam satu kali siklus kerjanya.

2.3 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah

Secara prinsip proses kerja motor bensin empat langkah adalah dua kali putaran poros engkol akan menghasilkan sekali langkah kerja atau dengan kata lain untuk setiap proses pembakaran diperlukan dua kali putaran poros engkol. Untuk memperjelas prinsip kerja motor bensin empat langkah tersebut, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Skema langkah kerja motor bakar empat langkah.

Sumber : Arismunandar, W, 2002 : 8

Proses pembakaran di dalam mesin otto terjadi secara periodik sebagai berikut:

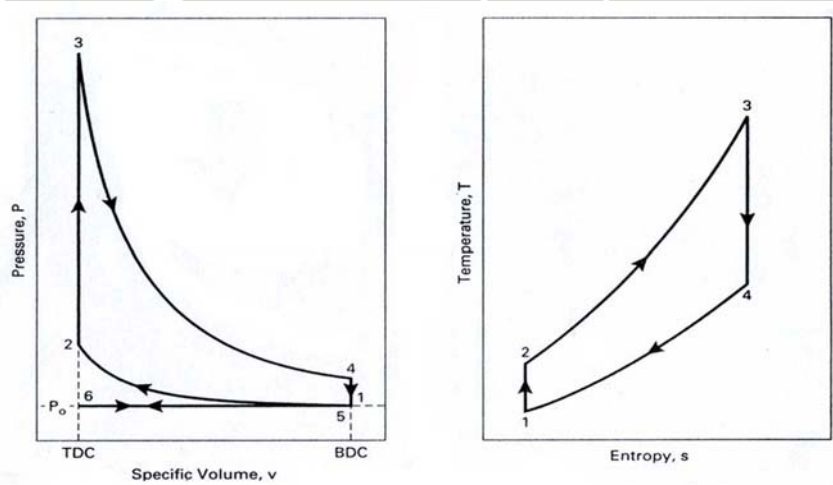
- a. Langkah isap (*Suction Stroke*).
Torak bergerak dari posisi TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah), dengan katup KI (katup isap) terbuka dan KB (katup buang) tertutup. Karena gerakan torak tersebut maka campuran udara dengan bahan bakar akan terisap masuk ke dalam ruang bakar.
- b. Langkah kompresi (*Compression Stroke*).
Torak bergerak dari posisi TMB ke TMA, dengan KI dan KB tertutup, sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperatur di dalam silinder naik.
- c. Langkah Ekspansi (*Expansion Stroke*).
Sebelum posisi torak mencapai TMA, pada langkah kompresi busi dinyalakan sehingga terjadi proses pembakaran. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah ekspansi atau disebut juga langkah kerja. Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA dan berakhir pada posisi TMB.
- d. Langkah buang.
Torak bergerak dari TMB ke TMA, KI tertutup dan KB terbuka, sehingga gas hasil pembakaran terbuang ke atmosfer.

2.3.1 Siklus Ideal Motor Bakar Bensin Empat Langkah

Proses termodinamika dan kimia yang terjadi didalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisis menurut teori. Untuk mempermudahnya kita perlu membayangkan suatu keadaan yang ideal. Pada umumnya untuk menganalisis motor bakar diperlukan siklus udara sebagai siklus yang ideal. Siklus udara menggunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus sebenarnya, misalnya mengenai:

1. Urutan proses
2. Perbandingan kompresi
3. Pemilihan temperatur dan tekanan pada suatu keadaan
4. Penambahan kalor yang sama per satuan berat udara

Salah satu siklus udara yang akan dibahas kali ini adalah siklus udara volume konstan (siklus *Otto*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam $p - v$ dan $T - s$ diagram berikut ini:



Gambar 2.2. Diagram hubungan antara Tekanan (p) – Volume spesifik (v) dan Temperatur (T) – Entropi (s)

Sumber : Pulkrabek, Willard W; 1997 : 75

Analisis siklus tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

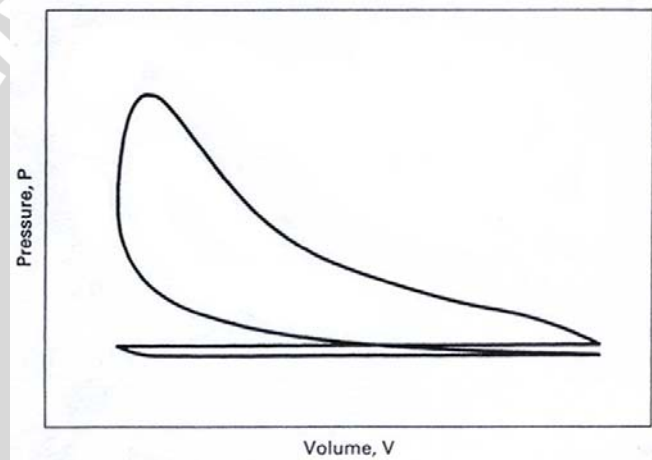
- Proses 0 – 1 adalah proses pengisapan udara ke dalam silinder. Pada proses ini torak bergerak dari TMA ke TMB.
- Proses 1 – 2 adalah proses kompresi adiabatik.
- Proses 2 – 3 adalah proses pembakaran bahan bakar secara volume konstan atau isokhorik
- Proses 3 – 4 adalah proses ekspansi atau kerja secara adiabatik

- Proses 4 – 1 adalah proses pembuangan gas hasil pembakaran secara volume konstan

Dalam siklus udara standar langkah buang, dan langkah isap tidak diperlukan karena fluida kerja udara dianggap tetap berada di dalam silinder.

2.3.2 Siklus Aktual Motor Bakar Bensin Empat Langkah

Proses langkah kerja motor bensin empat langkah pada kenyataannya tidak dapat bekerja dalam kondisi ideal. Bila tekanan gas dan volume silinder secara bersamaan pada setiap posisi torak dapat diukur maka dapat digambarkan siklus aktual motor bensin, yang bentuknya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. berikut:



Gambar 2.3. Siklus aktual motor bensin empat langkah

Sumber : Arismunandar, W, 2002 : 31

Menurut Arismunandar W. (Penggerak Mula Motor Bakar, 2002 : 29), penyimpangan dari siklus ideal terjadi karena dalam keadaan sebenarnya terjadi kerugian yang antara lain disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup tidak sempurna.
2. Katup tidak dibuka dan ditutup tepat di TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja.
3. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung.
4. Pada motor bakar torak yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Kenaikan tekanan dan

temperatur fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder.

5. Proses pembakaran memerlukan waktu, tidak berlangsung sekaligus. Akibatnya proses pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian proses pembakaran harus sudah dimulai beberapa saat sebelum torak mencapai TMA dan berakhir beberapa saat setelah torak meninggalkan TMA menuju TMB. Jadi proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume konstan atau pada tekanan konstan.
6. Terdapat kerugian kalor yang disebabkan oleh perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, terutama pada langkah kompresi, ekspansi dan pada waktu gas buang meninggalkan silinder. Perpindahan kalor tersebut terjadi terdapat perbedaan temperatur antara fluida kerja dengan fluida pendingin. Fluida pendingin diperlukan untuk mendinginkan bagian mesin yang menjadi panas, untuk mencegah kerusakan.
7. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitar. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik.
8. Terjadi kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

Berdasarkan semua hal tersebut maka bentuk diagram $P - V$ dari siklus yang sebenarnya tidak sama dengan bentuk diagram siklus ideal. Pada siklus yang sebenarnya tidak pernah terjadi suatu proses dengan volume konstan atau tekanan konstan. Karena semua penyimpangan diatas menimbulkan kerugian energi, maka sebaiknya diusahakan agar siklus yang sebenarnya dapat mendekati siklus yang ideal.

2.4 Pembakaran

Pengertian pembakaran adalah terjadinya reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yaitu O_2 di dalam udara. Saat terjadi pembakaran ikatan-ikatan yang lemah dalam bahan bakar akan lepas karena masuknya energi dari luar. Ikatan-ikatan yang terlepas ini berbentuk radikal kemudian radikal-radikal tersebut mengikat radikal lainnya membentuk ikatan yang sangat kuat dan menghasilkan energi yang sangat tinggi. Energi ini adalah yang dimanfaatkan sebagai kerja pada motor bakar maupun mesin-mesin yang lain. Ditinjau secara aerodinamis ada dua jenis pembakaran, yaitu:

1. Pembakaran premix

Pembakaran premix adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) dicampur terlebih dahulu secara mekanik kemudian baru dibakar. Disini terjadi perambatan gelombang pembakaran yang disebut dengan *flame*. Contoh pembakaran premix adalah pembakaran pada motor bensin, pembakaran pada roket, pembakaran pada las karbit.

2. Pembakaran difusi

Pembakaran difusi adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara pengoksidasi tidak dicampur secara mekanik, melainkan bercampur secara alami melalui proses difusi, kemudian baru dibakar, sehingga disini tidak terjadi rambatan gelombang pembakaran. Jika pencampuran bahan bakar dan udara (oksigen) sudah mencapai kondisi stoikiometrik, dan panas yang dilepaskan oleh api didaerah pencampuran tersebut sudah cukup maka pembakaran akan berlangsung. Contohnya: pembakaran lilin, pembakaran korek api, pembakaran turbin gas, dan pembakaran pada mesin-mesin propulsi.

2.4.1 Pembakaran Pada Motor Bensin

Pembakaran memegang peranan penting karena manfaat yang diberikan oleh motor bakar tergantung pada proses pembakaran, sehingga kondisi pembakaran yang terjadi akan mempengaruhi kinerja motor bakar itu sendiri.

Motor bensin biasanya dilengkapi dengan karburator yang berguna untuk pencampuran bahan bakar dan udara. Pada langkah isap dalam siklus motor bakar empat langkah, katup isap terbuka sehingga udara masuk ke ruang bakar. Aliran udara dilewatkan terlebih dahulu pada venturi karburator, karena sifat aliran akan terjadi penurunan tekanan pada leher venturi. Penurunan tekanan tersebut akan menghisap dan mengalirkan bahan bakar dari nosel bahan bakar ke aliran udara sehingga terjadi pengabutan dimana bahan bakar akan terurai menjadi *droplets* yang bercampur dengan udara. Dari karburator kemudian campuran bahan bakar dan udara tersebut akan masuk ke dalam ruang bakar melalui saluran isap (*intake manifold*) yang kemudian untuk penyalanya akan dipicu oleh percikan bunga api dari busi sehingga terjadi proses pembakaran.

Dalam proses pembakaran pada motor bensin, bahan bakar dan udara (oksigen) dicampur terlebih dahulu secara mekanik dengan karburator sehingga pembakaran ini termasuk ke dalam jenis pembakaran premix. Ada empat syarat yang harus dipenuhi agar terjadi pembakaran yang semakin sempurna:

1. Bahan bakar menguap secara cepat dan sempurna

2. Digunakan cukup udara pembakaran
3. Adanya campuran udara dan bahan bakar yang homogen
4. Tercapainya temperatur udara yang cukup tinggi

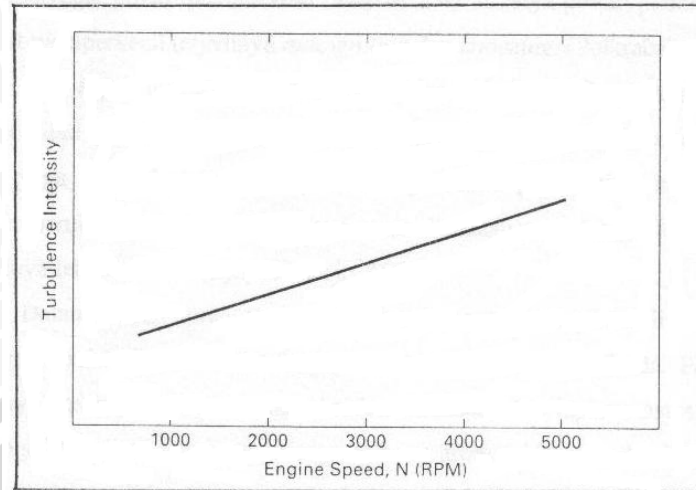
Dari syarat ketiga (adanya campuran udara dan bahan bakar yang homogen) diketahui bahwa untuk menghasilkan suatu proses pembakaran yang semakin sempurna diperlukan homogenitas campuran bahan bakar dan udara.

Untuk mendapatkan homogenitas yang tinggi dari campuran bahan bakar dan udara dapat dilakukan dengan memberi perlakuan secara mekanik terhadap campuran bahan bakar dan udara dari karburator, sehingga dalam saluran isap (*intake manifold*) aliran dari campuran bahan bakar dan udara akan berpusar dan menyebabkan timbulnya turbulensi. Dengan adanya aliran yang berpusar, bahan bakar akan memiliki kesempatan yang lebih besar untuk tercampur lebih merata dengan udara sebagai oksidator, sehingga campuran yang terjadi akan semakin homogen.

Pembakaran di dalam ruang bakar terjadi seketika, tetapi ada jeda waktu sesaat awal penyalaan api oleh busi sampai campuran bahan bakar dan udara habis. Setelah busi menyala, nyala api akan merambat ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi ($20 - 50 \text{ m.s}^{-1}$) dan menyalakan campuran yang dilaluinya sehingga tekanan dalam ruang bakar meningkat sesuai campuran yang terbakar (Arismunandar W, 2002 : 82). Kecepatan pembakaran akan lebih besar apabila campuran yang dibakar mengalami pusaran atau olakan, akibatnya energi panas yang dihasilkan dari pembakaran akan lebih besar karena dalam waktu yang sama campuran bahan bakar dan udara yang terbakar lebih banyak.

2.5 Pengaruh Aliran Berpusar Terhadap Campuran Bahan Bakar Dan Udara

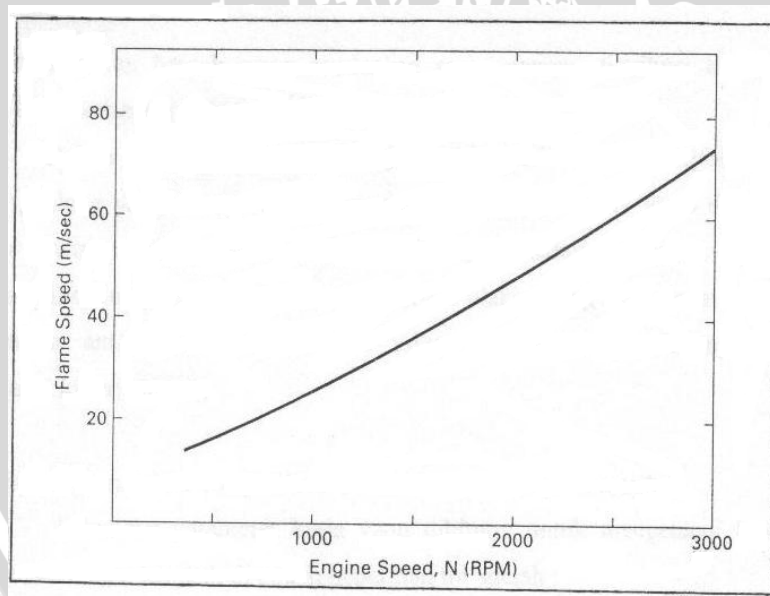
Apabila kecepatan putaran poros mesin meningkat, maka kecepatan aliran campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder akan bertambah pula. Hal ini akan menyebabkan terjadinya pusaran, olakan, dan turbulensi aliran.



Gambar 2.4. Pengaruh putaran mesin terhadap intensitas turbulensi

Sumber: Pulkrabek, Willard W; 1997 : 208

Hasil dari adanya aliran yang turbulen tersebut akan dapat meningkatkan kecepatan perpindahan panas, mempercepat penguapan (*evaporasi*) gas, memperbaiki pencampuran bahan bakar dengan udara, serta akan mempercepat proses pembakaran



Gambar 2.5. Grafik kecepatan rata-rata pembakaran dalam ruang bakar

Sumber: Pulkrabek, Willard W; 1997 : 236

Menurut Soenarta (Motor Serba Guna, 2002 : 31) panas yang dihasilkan dari pembakaran campuran udara bahan bakar akan diubah oleh motor dalam bentuk hasil yang efisien, bila:

1. Pembakarannya sempurna. Pemberian udara cukup.

2. Perbandingan kompresi tinggi.
3. Kecepatan pembakaran tinggi. Untuk membantu proses pembakaran, gas dalam silinder harus digerakkan atau diaduk.
4. Ruang bakarnya kompak.
5. Pendinginannya baik.

Pada syarat yang ketiga, dengan adanya proses pembakaran yang cepat dapat memperkecil terjadinya *autoignition* dan *knocking* (Pulkrabek, 1997).

Untuk mendapatkan pusaran dari campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar (Arends dan Berenschot, 1980) dapat dilakukan dengan:

1. Memberi bentuk saluran khusus, sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder secara pusaran.
2. Bentuk ruang bakarnya mencekung pada pistonnya, sehingga selama proses kompresi pusaran yang terjadi lebih meningkat.

Pusaran di dalam ruang bakar akan menghasilkan campuran yang lebih homogen antara bahan bakar dengan udara, sehingga proses pembakaran di dalam ruang bakar akan dapat terjadi dengan lebih teratur dibandingkan pembakaran dengan tanpa adanya pusaran. Akibatnya kemungkinan terbakarnya sendiri bahan bakar di dalam ruang bakar atau silinder dapat dikurangi (Arends dan Berenschot, 1980). Sehingga diharapkan proses pembakaran berlangsung lebih sempurna dengan adanya campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen tersebut.

2.6 Kinerja Motor Bensin Empat Langkah

Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui karakteristik kinerja dari motor bakar itu sendiri. Kinerja motor bakar yang akan diamati dalam penelitian ini meliputi torsi (T), daya efektif (N_e), konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e), efisiensi termal efektif (η_e), dan kadar CO di dalam gas buang.

- Torsi (T)

Hasil proses pembakaran di dalam silinder menimbulkan tekanan yang dapat menekan torak melakukan langkah ekspansi atau kerja. Tekanan tersebut diubah menjadi gaya oleh torak yang selanjutnya diteruskan ke batang torak yang kemudian akan menyebabkan berputarnya poros engkol. Berputarnya poros ini akan menimbulkan tenaga putar yang disebut torsi. Besarnya torsi dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. *Dynamometer* akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman pada poros. Sehingga harga torsi didapat dari perkalian besarnya beban pengereman

dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Persamaannya dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F.L \text{ (kg.m)} \dots\dots\dots (\text{Soenarta ; 2002: 11})$$

Dengan:

F = besar gaya putar yang terbaca pada timbangan dinamometer (kg)

L = panjang lengan dinamometer = 0,358 (m)

- Daya Efektif (Ne)

Daya efektif adalah daya aktual yang dihasilkan pada poros setelah mengalami kerugian-kerugian seperti gesekan antara *piston* dengan dinding silinder, gesekan poros dengan bantalan dan sebagian daya yang digunakan untuk menggerakkan peralatan tambahan. Untuk mendapat daya efektif dapat dicari dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan anguler poros (ω). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ne = T.\omega = \frac{T.2.\pi.n}{60.75} = \frac{T.n}{716.2} \text{ (HP)} \dots\dots\dots (\text{Petrovsky; 1979 : 99})$$

Dengan:

Ne = daya efektif (HP)

T = torsi (kg.m)

ω = kecepatan anguler poros (rad/det)

n = putaran mesin (rpm)

- *Specific Fuel Consumption efective* (SFCe)

Specific fuel consumption efective adalah banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya 1 HP selama 1 jam. Konsumsi bahan bakar pada motor bakar diukur dengan menggunakan tabung ukur yang disebut meter alir dimana bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya dan dilihat waktu untuk menghabiskannya sebesar volume tersebut. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan kedalam kg.jam^{-1} dengan rumusan sebagai berikut:

$$Fc = \frac{b}{t} \cdot \gamma_f \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg . jam}^{-1}\text{)}$$

Dengan:

Fc = konsumsi bahan bakar (kg . jam^{-1})

b = volume bahan bakar selama t detik (ml)

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b ml (dt)

γ_f = berat spesifik bahan bakar (kg . lt^{-1})

Dari nilai konsumsi bahan bakar (F_c) didapat *specific fuel consumption effective* (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \text{ (Kg} \cdot \text{HP}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}\text{)}$$

Dengan:

SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik efektif (Kg . HP⁻¹ . jam⁻¹)

Fc = konsumsi bahan bakar (kg . jam⁻¹)

Ne = daya efektif (HP)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif dapat dijadikan ukuran ekonomis dan tidaknya pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang rendah menunjukkan efisiensi termal efektif yang tinggi karena efisiensi termal efektif berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik efektif.

- Efisiensi Termal Efektif (η_e)

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFCe \cdot LHV_{bb}} \text{ (%)}$$

Dengan:

η_e = efisiensi termal efektif (%)

Qe = jumlah kalor yang digunakan untuk daya efektif (kkal . kg⁻¹)

Qb = jumlah kalor dari pembakaran bahan bakar dan udara (kkal . kg⁻¹)

LHV_{bb} = nilai kalor rendah bahan bakar (kkal . kg⁻¹)

- Analisa Gas Buang

Komposisi gas buang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$CO = \frac{VCO}{Veg} \cdot 100\%$$

$$CO_2 = \frac{VCO_2}{Veg} \cdot 100\%$$

$$O_2 = \frac{VO_2}{Veg} \cdot 100\%$$

$$N_2 = \frac{VN_2}{Veg} \cdot 100\%$$

Dimana:

CO = prosentase gas CO VCO = volume gas CO (ml)

CO₂ = prosentase gas CO₂ VCO₂ = volume gas CO₂ (ml)

O₂ = prosentase gas O₂ VO₂ = volume gas O₂ (ml)

N₂ = prosentase gas N₂ VN₂ = volume gas N₂ (ml)

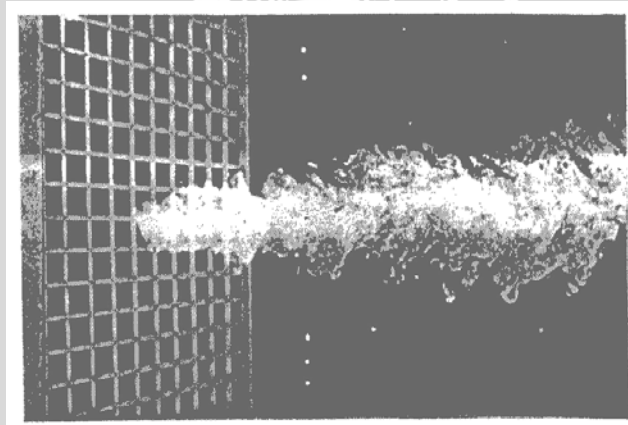
Veg = volume gas buang keseluruhan (ml)

2.7 Grid

Grid adalah pelat berlubang dengan diameter lubang, bentuk lubang, dan tebal tertentu yang digunakan untuk melewati campuran bahan bakar dan udara dari karburator. Pemasangan *grid* pada prinsipnya berfungsi sebagai pengganggu aliran dengan tujuan agar aliran yang melewati *grid* akan berpusar pada bagian belakang *grid*. Pada motor bensin empat langkah yang digunakan untuk pengujian, *grid* diletakkan pada ujung saluran masuk ruang bakar (*intake manifold*) tepat setelah karburator.

Pusaran atau turbulensi yang terjadi pada bagian belakang *grid* tersebut kemudian dimanfaatkan untuk memperoleh pusaran pada ruang bakar sehingga homogenitas dari campuran bahan bakar dan udara akan semakin meningkat, dan selain itu dengan aliran yang berpusar dalam ruang bakar maka kecepatan pembakaran juga akan meningkat.

Fenomena aliran turbulen yang terjadi di belakang *grid* dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6. Turbulensi di belakang *grid*

Sumber : Lesieur, 1990: 4

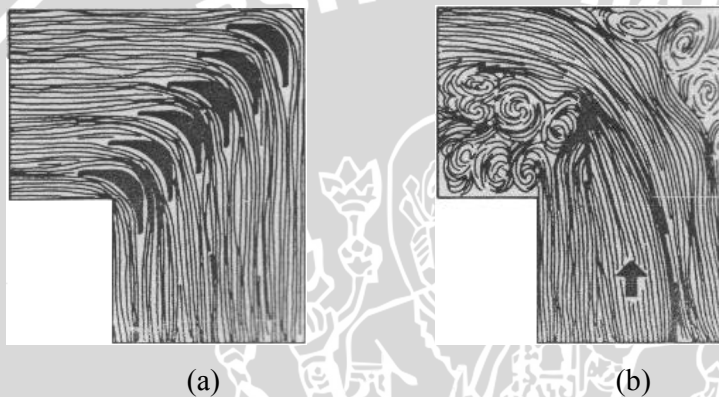
Suatu aliran fluida yang melewati penghalang berupa *grid* kecepatannya akan berkurang secara tiba-tiba, sehingga menyebabkan kondisi kecepatan nol (*zero velocity*) dan akan menimbulkan pusaran (*vorticity*) pada bagian belakang *grid*. Sehingga dengan adanya aliran berpusar akan menghasilkan efek turbulensi (Lesieur, 1990: 5).

Telah banyak penelitian tentang *grid* dengan modifikasi tertentu yang dilakukan untuk memperoleh efek turbulensi yang paling optimum dari aliran yang melalui suatu *grid*, diantaranya adalah dengan memvariasikan diameter dari lubang *grid* yang memiliki kemiringan tertentu (Agung, 2003), dan analisis karakteristik kinerja motor bensin empat langkah dengan pemasangan *bend grid* pada *intake manifold* (Arya Yudha Prasetya, 2006).

Semua penelitian tersebut mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kinerja motor bensin empat langkah empat silinder.

2.7.1 *Bend Grid*

Turbulensi yang terjadi pada suatu aliran fluida terkadang bisa menguntungkan dan bisa merugikan. Pada sistem saluran udara yang besar penggunaan sirip untuk mengurangi turbulen yang terjadi pada kelokan (*bends*) dan siku (*elbows*) pada salurannya sudah umum karena di sini aliran turbulen sifatnya merugikan. Sirip ini selain dimanfaatkan untuk mengurangi efek turbulen yang terjadi juga bermanfaat untuk mengurangi suara yang ditimbulkan oleh aliran udara yang mengalir di dalam saluran.



Gambar 2.7. Efek dari sirip terhadap turbulen;

(a) saluran siku dengan sirip; (b) saluran siku tanpa sirip

Sumber: Granet, Irving; 1981: 226

Dari hal tersebut diketahui bahwa siku maupun kelokan dengan sudut tertentu pada suatu saluran fluida akan dapat meningkatkan efek turbulen dari aliran fluida yang melaluinya. Hal ini kemudian yang coba diterapkan pada *grid* untuk memperoleh efek turbulen yang optimal.

Bend grid adalah *grid* yang berlubang miring dengan penampang saluran yang dirancang memiliki belokan (*bend*) dengan sudut tertentu sehingga sudut saluran masuknya akan simetris dengan sudut saluran keluarnya terhadap sumbu vertikal *grid* dimana diharapkan bentuk penampang saluran *bend grid* yang berkelok akan semakin meningkatkan efek turbulen yang terjadi di belakang *bend grid* sehingga campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin homogen.

2.8. Penambahan Aseton Pada Bahan Bakar Bensin

Pada dunia otomotif, aseton (C_3H_6O/CH_3COCH_3) telah banyak digunakan untuk meningkatkan kinerja motor bakar. Penggunaannya terbukti mampu mempermudah penguapan bahan bakar, baik pada motor bensin maupun motor *diesel*. Sehingga penggunaannya mampu membuat bahan bakar terbakar lebih mudah dan berujung pada meningkatnya efisiensi pembakaran.

Manfaat lain dari penambahan aseton pada bahan bakar yaitu mampu meningkatkan jarak tempuh kendaraan, serta mampu mengurangi polusi udara yang ditimbulkan dari gas sisa hasil pembakaran pada motor bakar dengan cukup signifikan. Aseton juga mampu meningkatkan angka *octane* bahan bakar bensin. Sehingga penggunaannya dirasakan cukup efektif dalam rangka meningkatkan efisiensi motor bakar bensin. (<http://www.lubedev.com/smartgas/>)

Penambahan aseton pada penelitian ini diberikan sebesar 0,5%,1%,1,5%. Aseton memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Temperature nyala sendiri = $465\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik nyala = $-20\text{ }^\circ\text{C}$

. (<http://www.lubedev.com/smartgas/>)

2.9 Hipotesis

Dari uraian yang ada dapat diambil suatu hipotesis yaitu penambahan aseton pada bensin dapat memudahkan penguapan bahan bakar yang membuat bahan bakar lebih mudah terbakar, serta pemasangan *bend grid* pada *intake manifold* dengan variasi sudut *bend* 140° dapat menyebabkan campuran bensin-aseton yang melewati *bend grid* berpusar dan menyebabkan campuran menjadi semakin homogen sehingga proses pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna dan mengakibatkan peningkatan kinerja dari mesin bensin empat langkah empat silinder. Besarnya variasi bensin-aseton pada penampang saluran *bend grid* 140° yang optimal akan didapatkan pada unjuk kerja yang paling optimal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

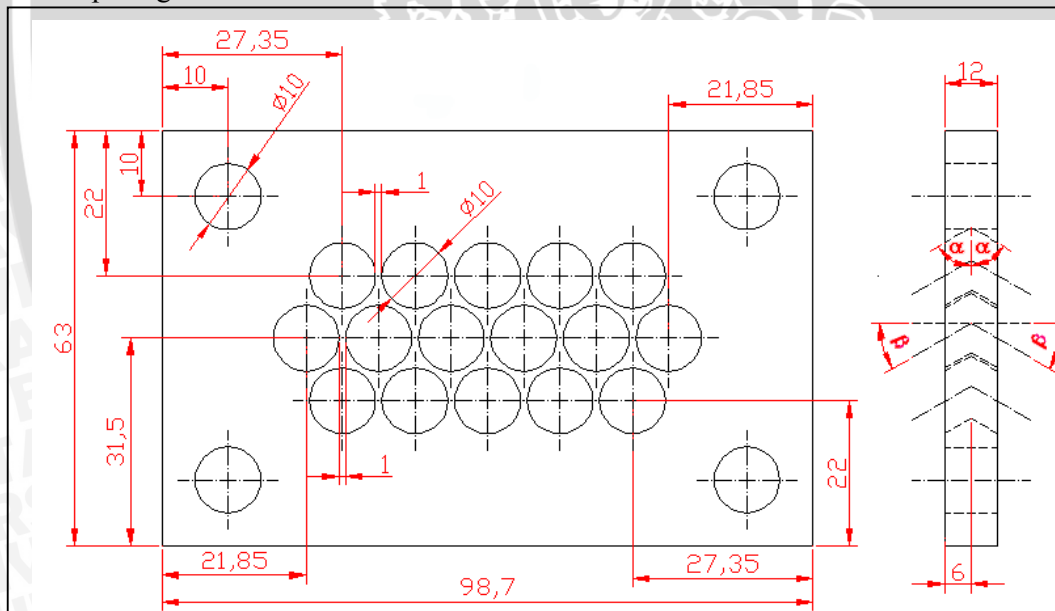
3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian experimental semu dimana mesin uji dalam kondisi tidak berpindah tempat, digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi putaran poros mesin dan pengaruh variasi bensin-aseton dengan pemasangan *bend grid* 140° pada penampang salurannya yang diletakkan pada *intake manifold* terhadap unjuk kerja dari motor bensin empat langkah empat silinder.

3.2 Benda Uji dan Peralatan yang Digunakan

3.2.1 Benda Uji yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan benda uji yang berupa aseton dan *bend grid* yang terbuat dari bahan alumunium dengan sudut *bend* 140° pada penampang salurannya. *Bend grid* dipasang pada ujung *intake manifold* setelah karburator. Gambar benda uji dapat dilihat pada gambar berikut:



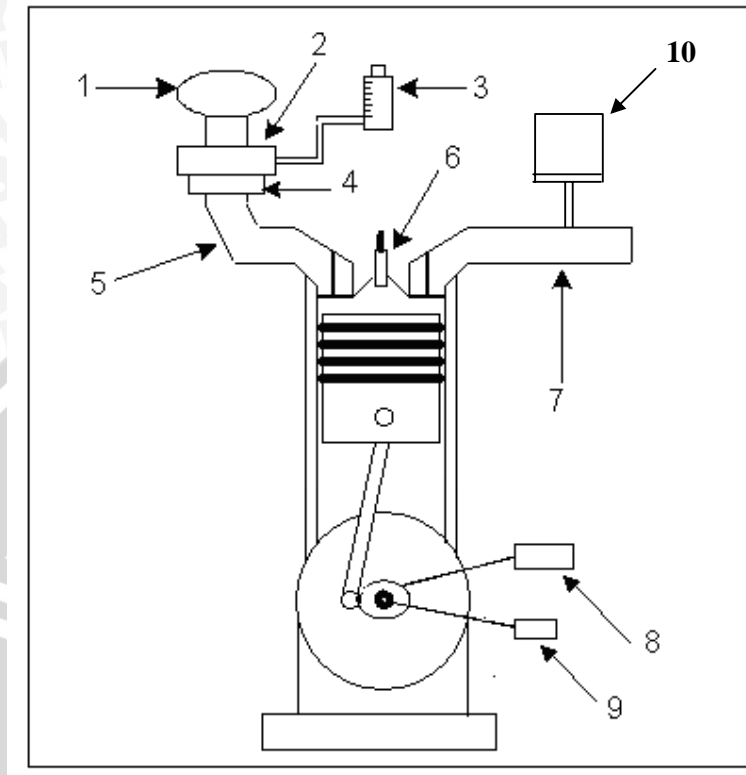
Gambar 3.1. Spesimen benda uji

Dimana pada penampang salurannya menggunakan sudut *bend* (2α) dengan *bend grid* sebesar: $\bullet 2\alpha = 140^\circ$ sehingga $2\beta = 40^\circ$

Keterangan:

β = sudut kemiringan saluran masuk/keluar penampang saluran *grid* terhadap sumbu horizontal.

Susunan instalasi dari peralatan uji dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2 Susunan instalasi peralatan uji

Keterangan gambar:

1. Filter udara
2. Karburator
3. Alat ukur konsumsi bahan bakar
4. *Bend grid*
5. *Intake manifold*
6. Busi
7. *Exhaust manifold*
8. *Engine dynamometer*
9. *Tachometer*
10. *Orsat Apparatus*

3.2.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua macam, yaitu:

1. Peralatan utama, yang berupa motor bensin empat langkah dengan spesifikasi sebagai berikut

- Siklus : 4 Langkah
- Jumlah silinder : 4 buah
- Volume langkah torak total : 1567 cm^3
- Diameter silinder : 78 mm
- Panjang langkah torak : 82 mm
- Perbandingan kompresi : 9 : 1
- Pendingin : Air
- Daya poros : 80 BHP / 5000 RPM
- Model : GWE – 80 – 100 – HS – Av
- Negara pembuat : Jepang

2. Peralatan bantu, yang berupa:

- *Flow meter* (meter alir), berupa tabung pengukur berisi sejumlah bahan bakar dengan volume tertentu. Digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar yang dipakai selama pengujian.
- *Tachometer*, digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros mesin. Satuan yang digunakan adalah rpm (*rotation per minute*).
- Dinamometer, digunakan untuk mengukur gaya pengereman pada poros *output*.
- *Stop watch*, digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan motor bensin untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.
- Barometer, digunakan untuk mengukur tekanan udara ruangan selama penelitian berlangsung.
- Termometer, digunakan untuk mengukur temperatur ruangan selama penelitian.
- *Hydrometer*, digunakan untuk mengukur massa jenis bahan bakar yang digunakan untuk pengujian (bensin).
- *Orsat Apparatus*, digunakan untuk mengukur prosentase CO yang terkandung dalam gas buang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada dua macam yaitu :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah putaran mesin, bukaan *throttle*, dan sudut *bend grid*. Variabel ini ditentukan sebagai berikut:

- Putaran mesin 1300-2900
- Aseton 0,5%, 1% , 1,5%

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebasnya, dalam hal ini adalah meliputi:

- Torsi
- Daya efektif
- Konsumsi bahan bakar spesifik efektif
- Efisiensi termal efektif.
- Kadar CO di dalam gas buang.

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian motor bensin tanpa penggunaan aseton dan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*:

Pada pengujian ini mesin dioperasikan dalam keadaan standar, tanpa ditambahi aseton. Pengambilan data dilakukan pada peralatan utama yang telah dilengkapi dengan peralatan bantu dimulai dari putaran 1300 rpm sampai dengan 2900 dengan interval kenaikan sebesar 400 rpm. Beban pengereman yang diberikan akan berubah sesuai dengan kenaikan putaran. Bukaan *throttle* pada posisi 34%. Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk setiap putaran agar diperoleh data yang lebih teliti. Data yang dicatat meliputi besarnya putaran, gaya pengereman, konsumsi bahan bakar, dan volume CO dalam 50 ml gas buang.

2. Pengujian motor bensin dengan penggunaan aseton dan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*:

Cara pengambilan data sama dengan prosedur 1, namun kali ini dilakukan penambahan aseton pada bahan bakar bensin dengan prosentase 0,5%,1%,1,5% dan pemasangan *bend grid* 140° pada *intake manifold*, pengambilan data dimulai dari campuran bensin-aseton dengan variasi aseton 0,5%, 1% , dan terakhir 1,5%.

3.6 Analisis Statistika

Untuk mengolah data yang telah diperoleh dipergunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran motor bensin (faktor A) dan pengaruh variasi aseton pada bensin (faktor B) serta pengaruh interaksi keduanya (faktor AB) terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang.

Faktor A mempunyai level A1, A2,.....,Ar dan faktor B mempunyai level B1, B2.....,Bc. Jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-masing kategori terdiri atas r dan c level. Bila pengaruh interaksi antar faktor A pada level ke i dan faktor B pada level ke j dinyatakan dengan $(\alpha\beta)_{ij}$. Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Dimana

Y_{ijk} : nilai setiap pengamatan

μ : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

α_i : pengaruh faktor A ke i

β_j : pengaruh faktor B ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor A ke i dan faktor B ke j

E_{ijk} : simpangan pengamatan

Yang akan kita uji dari pengamatan ini adalah:

1. α : pengaruh (efek) dari faktor A
2. β : pengaruh (efek) dari faktor B
3. $\alpha\beta$: pengaruh interaksi dari faktor A dan faktor B

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

- I H_0 : $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$ (tidak ada pengaruh variasi putaran poros mesin terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H11 : paling sedikit satu $\alpha_1 \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran poros mesin terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

II Ho2 : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$ (tidak ada pengaruh variasi bensin-aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H12 : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh variasi bensin-aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

III H03 : $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh variasi putaran poros mesin dan variasi bensin-aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H13 : paling sedikit satu $(\alpha\beta) \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran poros mesin dan variasi bensin-aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

Tabel 3.1. Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan

Faktor		B						
		B1	Bj	Bc	Σ baris	Rata-rata
A	A1	Y111		Y1j1		Y1c1	T1..	$\bar{Y} 1..$
		Y112		Y1j2		Y1c2		
			
		Y11t		Y1jt		Y1ct		
	Ai	Yi11		Yij1		Yic1	Ti..	$\bar{Y} i..$
		Yi12		Yij2		Yic2		
			
		Yi1t		Yijt		Yict		
	Ar	Yr11		Yij1		Yrc1	Tr..	$\bar{Y} r..$
		Yr12		Yij2		Yrc2		
			
		Yr1t		Yijt		Yrct		
Σ kolom		T.1.		T.j.		T.c.	T..	
rata-rata		$\bar{Y} .1.$		$\bar{Y} .j.$		$\bar{Y} .c.$		$\bar{Y} ..$

Sumber : Ir. M. Hifni, 1991, 73

Didalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t (Y_{ijk} - \bar{Y} \dots)^2$$

2. Jumlah kuadrat faktor A (JKA)

$$JKA = ct \sum_{i=1}^r (\bar{Y} i. - \bar{Y} \dots)^2$$

3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = rt \sum_{j=1}^c (\bar{Y} .j - \bar{Y} \dots)^2$$

4. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKAB = t \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{Y} ij. - \bar{Y} i. - \bar{Y} .j + \bar{Y} \dots)^2$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t (Y_{ijk} - \bar{Y} ij.)^2$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi faktor A dan faktor B (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga F_{hitung} masing-masing sumber keragaman (faktor A, faktor B dan interaksi faktor AB) kemudian hasilnya

dibandingkan dengan F_{tabel} pada derajat bebas yang sesuai dengan nilai α tertentu. Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1. F_{hitung} dari faktor A

$$F_{A\ hitung} = \frac{KTA}{KTG}$$

2. F_{hitung} dari faktor B

$$F_{B\ hitung} = \frac{KTB}{KTG}$$

3. F_{hitung} dari interaksi faktor AB

$$F_{AB\ hitung} = \frac{KTAB}{KTG}$$

Tabel 3.2. Rancangan analisis varian

sumber keragaman	Db	JK	KT	F_{hitung}
Faktor A	(r - 1)	JKA	KTA	$F_{A\ hitung}$
Faktor B	(c - 1)	JKB	KTB	$F_{B\ hitung}$
Interaksi faktor AB	(r - 1)(c - 1)	JKAB	KTAB	$F_{AB\ hitung}$
Galat	rc(t - 1)	JKG	KTG	
Total	rct - 1	JKT		

Sumber: Ir. M. Hifni, 191, 76

Untuk mempermudah pelaksanaan perhitungan biasanya tabel 3.1 dibuat sebagai berikut:

Tabel 3.3. Penyederhanaan model dua arah dengan ulangan

Faktor		B				
		B1	Bj	...	Bc	?
A	A1	T11.	T1j.	...	T1c.	T1..
	Ai	Ti1.	Tij.	...	Tic.	Ti..

	Ar	Tr1.	Trj.	...	Trc.	Tr..
	?	T.1.	T.j.	...	T.c.	T...

Sumber: Ir. M. Hifni, 191, 76

Dari tabel tersebut, rumus-rumus perhitungannya juga menjadi menjadi lebih sederhana lagi, yaitu:

1. Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{1}{rct} (T...)^2$$

2. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK$$

3. Jumlah kuadrat faktor A

$$JKA = \frac{1}{ct} \sum_{i=1}^r T_{i..}^2 - FK$$

4. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \frac{1}{rt} \sum_{j=1}^c T_{.j.}^2 - FK$$

5. Jumlah kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c Y_{ij}^2 - FK$$

6. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKAB = JKP - JKA - JKB$$

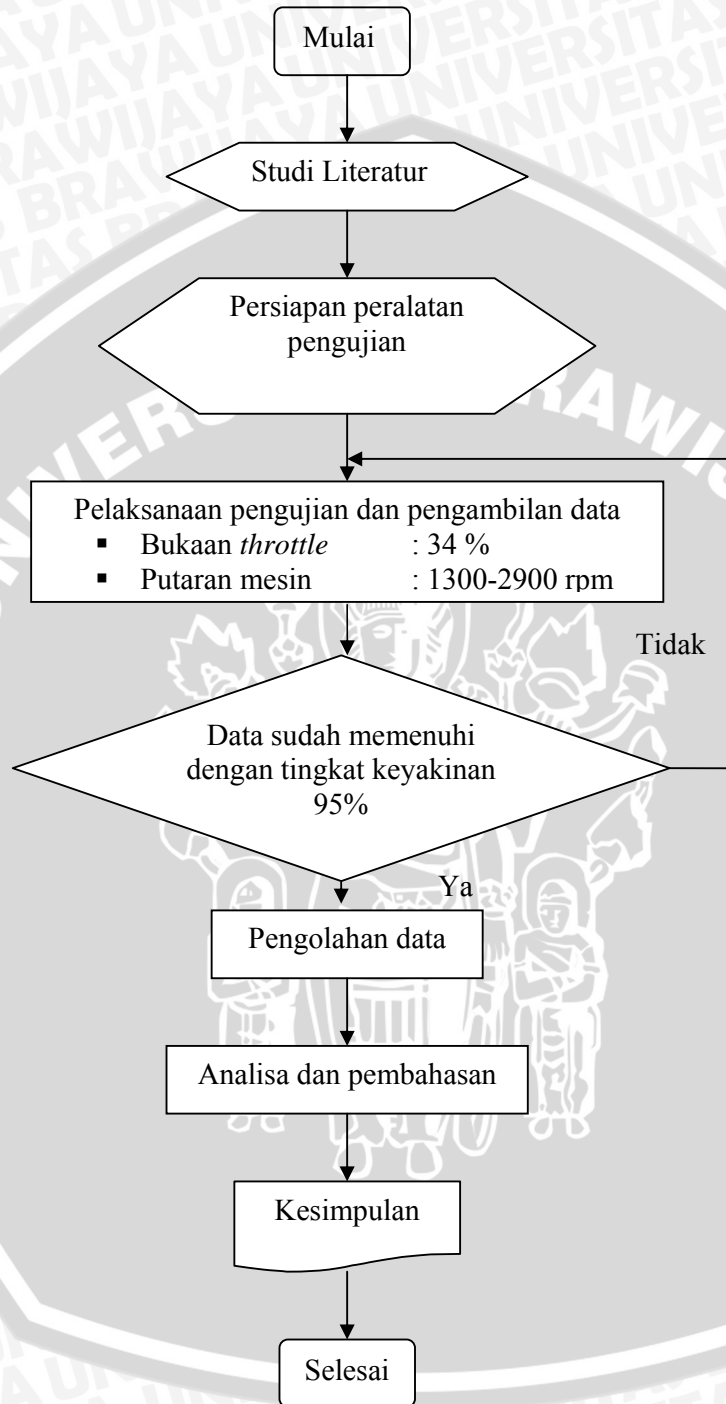
7. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila $FA_{hitung} > FA_{tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran poros mesin berpengaruh terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang.
2. Bila $FB_{hitung} > FB_{tabel}$, maka H_{02} ditolak dan H_{12} diterima, ini menyatakan bahwa variasi bensin-aseton berpengaruh terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang.
3. Bila $FAB_{hitung} > FAB_{tabel}$, maka H_{03} ditolak dan H_{13} diterima, ini menyatakan bahwa variasi putaran poros mesin dan variasi bensin-aseton berpengaruh terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir pelaksanaan penelitian

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data hasil pengujian

Setelah dilakukan pengujian dengan variasi putaran poros mesin pada bukaan *throttle* sebesar 34% pada mesin uji, diperoleh data sebagai berikut:

4.1.1.1 Pengujian tanpa penambahan aseton (standar)

Kondisi lingkungan:

1. Temperatur : 26 °C
2. Kelembaban relatif : 78 %
3. Tekanan udara : 717 mmHg

Tabel 4.1 Data hasil pengujian motor bensin empat langkah tanpa penambahan aseton

No	n (rpm)	F (kg)	P ₁ - P ₂ (mmH ₂ O)	t (s)	Veg (cm ³)	Vco ₂ (cm ³)	Vo ₂ (cm ³)	Vco (cm ³)	VN ₂ (cm ³)
1	1300	19.7	3.1	23.88	50	2.6	0.2	0.8	46.4
		19.4	3	23.85	50	2.8	0.2	0.7	46.3
		19.5	3.1	23.87	50	2.4	0.2	0.8	46.6
2	1800	17.8	4.2	21.33	50	2.2	0.2	1.2	46.4
		17.6	4.2	21.29	50	2.6	0.4	1.2	45.8
		17.9	4.2	21.32	50	2.4	0.2	1	46.4
3	2300	15.5	5.1	18.86	50	2.8	0.4	1.8	45
		15.4	5.1	18.88	50	2.6	0.6	1.8	45
		15.2	5.1	18.85	50	3	0.6	1.6	44.8
4	2800	12.7	6	16.86	50	3	0.4	1.6	45
		12.9	5.9	16.89	50	2.8	0.2	1.6	45.4
		12.8	5.9	16.87	50	2.8	0.6	1.8	44.8
5	3300	9.9	6.2	16.08	50	1.4	0.8	1.2	46.6
		9.8	6.3	16.01	50	1.6	1	1.2	46.2
		10.1	6.5	16.05	50	1.4	1	1.4	46.2

4.1.1.2 Pengujian dengan penambahan aseton 1,5%

Tabel 4.2 Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 1,5%

No	n (rpm)	F (kg)	P ₁ - P ₂ (mmH ₂ O)	t (s)	Veg (cm ³)	Vco ₂ (cm ³)	Vo ₂ (cm ³)	Vco (cm ³)	VN ₂ (cm ³)
1	1300	21.1	3.9	23.95	50	0.4	0.2	0.8	48.6
		21.2	3.9	23.91	50	0.6	0.2	1	48.2
		20.9	3.7	23.93	50	0.4	0.4	1	48.2
2	1800	18.5	5.4	21.53	50	1.6	0.4	1.4	46.6
		18.7	5.4	21.56	50	1.6	0.6	1.4	46.4
		18.6	5.3	21.55	50	1.8	0.4	1.4	46.4
		16.2	6	19.07	50	2.4	0.2	1.6	45.8

3	2300	16.3	6	19.05	50	2.4	0.4	1.6	45.6
		16.2	6	19.09	50	2	0.2	1.8	46
4	2800	14.3	6.8	17.7	50	3.2	0.6	1.4	44.8
		14.4	6.8	17.74	50	2.8	0.6	1.4	45.2
		14.1	6.9	17.71	50	3.4	0.2	1.4	45
5	3300	11	7.1	16.81	50	2.4	0.2	1.2	46.2
		10.9	7.1	16.83	50	2.4	0.4	1	46.2
		10.9	7.1	16.84	50	2.6	0.2	0.8	46.4

4.1.1.3 Pengujian dengan penambahan aseton 1%

Tabel 4.3 Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 1%

No	n (rpm)	F (kg)	P ₁ - P ₂ (mmH ₂ O)	t (s)	Veg (cm ³)	Vco ₂ (cm ³)	Vo ₂ (cm ³)	Vco (cm ³)	VN ₂ (cm ³)
1	1300	21.1	3.4	23.92	50	2.8	0.8	1	45.4
		19.9	3.2	23.91	50	2.8	0.8	0.8	45.6
		21.1	3.4	23.9	50	2.8	0.8	0.8	45.6
2	1800	18.4	4.7	21.5	50	2.6	0.1	1.2	46.1
		18.3	4.9	21.53	50	2.6	0.1	1.2	46.1
		18.1	4.9	21.51	50	2.6	0.1	1.2	46.1
3	2300	16.3	6	19.07	50	3	0.4	1.8	44.8
		16.4	6	19.15	50	3	0.4	1.6	45
		16.4	6	19.12	50	3	0.4	1.6	45
4	2800	13.4	6.9	17.59	50	2.6	0.1	1.4	45.9
		13.5	7	17.61	50	2.4	0.1	1.6	45.9
		13.4	6.9	17.62	50	2.4	0.1	1.4	46.1
5	3300	10.8	7.1	16.61	50	2.8	0.2	1	46
		10.5	7.1	16.66	50	2.8	0.2	1.2	45.8
		10.7	7	16.61	50	2.6	0.2	1	46.2

4.1.1.4 Pengujian dengan penambahan aseton 0,5%

Tabel 4.4 Data hasil pengujian motor bensin empat langkah dengan penambahan aseton 0,5%

No	n (rpm)	F (kg)	P ₁ - P ₂ (mmH ₂ O)	t (s)	Veg (cm ³)	Vco ₂ (cm ³)	Vo ₂ (cm ³)	Vco (cm ³)	VN ₂ (cm ³)
1	1300	20.3	3.2	23.85	50	1	0.3	0.7	48
		20.3	3.1	23.82	50	0.9	0.1	0.8	48.2
		20.1	3.2	23.84	50	1	0.1	0.6	48.3
2	1800	18.1	4.9	21.36	50	0.7	0.5	1.4	47.4
		18.2	4.9	21.38	50	0.3	0.5	1.6	47.6
		18.1	4.9	21.35	50	0.5	0.7	1.4	47.4
3	2300	16.1	5.6	18.89	50	1.5	0.2	1.6	46.7
		15.8	5.6	18.89	50	1.9	0.2	1.6	46.3
		15.9	5.5	18.87	50	1.7	0.4	1.6	46.3

4	2800	13.1	6.1	17.15	50	1	0.2	1.4	47.4
		13.1	6.1	17.13	50	1	0.4	1.6	47
		13.2	6.1	17.16	50	0.7	0.2	1.4	47.7
5	3300	10.2	6.6	16.19	50	2.8	0.4	1.2	45.6
		10.1	6.75	16.18	50	2.6	0.4	1.2	45.8
		10.2	6.6	16.19	50	3	0.4	1.2	45.4

4.1.2 Pengolahan data

Dilakukan perhitungan dengan menggunakan data yang ada untuk memperoleh torsi (T), daya efektif (Ne), konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe), efisiensi termal efektif (η_e), dan kadar gas CO di dalam gas buang. Contoh perhitungan diambil dari data pertama pengujian pada mesin uji dengan kondisi tanpa penambahan aseton (standar). Data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Putaran mesin (n) : 1300 rpm
- Beban pada timbangan (F) : 23.85 kg
- Panjang lengan timbangan (l) : 0.358 m
- Waktu konsumsi tiap 30 ml bahan bakar (s) : 23.85 s
- Volume CO dalam 50 cm³ gas buang : 0.7 cm³
- Berat spesifik bahan bakar (γ_f) standar : 0.725 kg.liter⁻¹
- Berat spesifik bahan bakar (γ_f) 0,5% : 0.726 kg.liter⁻¹
- Berat spesifik bahan bakar (γ_f) 1% : 0.727kg.liter⁻¹
- Berat spesifik bahan bakar (γ_f) 1,5% : 0.728kg.liter⁻¹
- Nilai kalor bahan bakar (LHV) standar : 9729.23 kkal.kg⁻¹
- Nilai kalor bahan bakar (LHV) 0,5% : 9839.29 kkal.kg⁻¹
- Nilai kalor bahan bakar (LHV) 1% : 9973.18 kkal.kg⁻¹
- Nilai kalor bahan bakar (LHV) 1,5% : 10052.26 kkal.kg⁻¹

1. Torsi (T)

$$\begin{aligned}
 T &= F \cdot L \\
 &= 19.3 \cdot 0.358 \\
 &= 6.265 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

2. Daya efektif (Ne)

$$\begin{aligned}
 Ne &= \frac{T \cdot n}{716.2} \\
 &= \frac{6.265 \cdot 1300}{716.2} \\
 &= 11.37 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)

$$\begin{aligned} FC &= \frac{b}{t} \cdot \gamma_f \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= \frac{30}{23.88} \cdot 0.726 \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= 3.12 \text{ kg.jam}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SFCe} &= \frac{FC}{N_e} \\ &= \frac{3.12}{11.37} \\ &= 0.274 \text{ kg.HP.jam}^{-1} \end{aligned}$$

4. Efisiensi termal efektif (η_e)

$$\begin{aligned} \eta_e &= \frac{632}{\text{SFCe} \cdot \text{LHV}_{bb}} \\ &= \frac{632}{0.274 \cdot 9973.18} \cdot 100\% \\ &= 24.01\% \end{aligned}$$

5. Kadar gas CO dalam gas buang (%)

$$\begin{aligned} \text{CO} &= \frac{V_{CO}}{V_{eg}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0.8}{50} \cdot 100\% \\ &= 1.6\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan data pertama pengujian mesin uji tanpa penambahan aseton diatas maka diperoleh torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar gas CO dalam gas buang dari data lainnya. Pada lampiran I dapat dilihat hasil perhitungan dari masing-masing data.

4.1.3 Analisis varian

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, maupun interaksi antar keduanya terhadap kinerja serta kadar gas CO di dalam gas buang pada mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder maka digunakan alat bantu statistika dengan analisis varian dua arah. Hasil pengolahan data pengujian kemudian dianalisis.

Dalam analisis statistika ini hipotesa yang digunakan adalah sebagai berikut:

- I H₀₁ : $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$ (tidak ada pengaruh variasi putaran poros mesin terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H11 : paling sedikit satu $\alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran poros mesin terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

II H02 : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$ (tidak ada pengaruh variasi penambahan aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H12 : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh variasi penambahan aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

III H03 : $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh variasi putaran poros mesin dan variasi penambahan aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

H13 : paling sedikit satu $(\alpha\beta) \neq 0$ (ada pengaruh variasi putaran poros mesin dan variasi penambahan aseton terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif, dan kadar CO di dalam gas buang).

4.1.3.1 Analisis statistik untuk torsi

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, dan interaksi keduanya terhadap torsi yang dihasilkan oleh mesin uji. Dari perhitungan statistika yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.5 Analisis varian dua arah untuk torsi

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	94.26556	4	23.56639	4925.272	2.61
Aseton (faktor B)	1.383915	3	0.461305	96.41071	2.84
Interaksi faktor A dan B	0.18054	12	0.015045	3.144345	2
Galat	0.191392	40	0.004785		
Total	96.02141	59			

Dari tabel 4.5 diketahui bahwa untuk keragaman putaran poros mesin (faktor A), penambahan aseton (faktor B), maupun interaksi keduanya diperoleh hasil dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H01, H02, dan H03 ditolak, sedangkan H11, H12, dan H13 diterima. Kesimpulannya adalah variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, maupun interaksi antara variasi putaran poros mesin dengan variasi penambahan aseton mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap torsi yang dihasilkan oleh mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.1.3.2 Analisis statistik untuk daya efektif

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, dan interaksi keduanya terhadap daya efektif yang dihasilkan oleh mesin uji. Dari perhitungan statistika yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6 Analisis varian dua arah untuk daya efektif

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	101.0099	4	25.25248	1000.789	2.61
Aseton (faktor B)	11.61096	3	3.87032	153.3859	2.84
Interaksi faktor A dan B	114.8853	12	0.188697	7.47833	2
Galat	2.26437	40	0.025233		
Total	115.8946	59			

Dari tabel 4.6 diketahui bahwa untuk keragaman putaran poros mesin (faktor A), penambahan aseton (faktor B), maupun interaksi keduanya diperoleh hasil dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_{01} , H_{02} , dan H_{03} ditolak, sedangkan H_{11} , H_{12} , dan H_{13} diterima. Kesimpulannya adalah variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, maupun interaksi antara variasi putaran poros dengan variasi penambahan aseton mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap daya efektif yang dihasilkan oleh mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder dengan tingkat keyakinan 95%.

4.1.3.3 Analisis statistik untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, dan interaksi keduanya terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang dihasilkan oleh mesin uji. Dari perhitungan statistika yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.7 Analisis varian dua arah untuk konsumsi bahan bakar spesifik efektif

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	0.049578	4	0.012395	1413.727	2.61
Aseton (faktor B)	0.006297	3	0.002099	239.4154	2.84
Interaksi faktor A dan B	0.001864	12	0.000155	17.71374	2
Galat	0.000351	40	8.77E-06		
Total	0.05809	59			

Dari tabel 4.7 diketahui bahwa untuk keragaman putaran poros mesin (faktor A), penambahan aseton (faktor B), maupun interaksi keduanya diperoleh hasil dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_{01} , H_{02} , dan H_{03} ditolak, sedangkan H_{11} , H_{12} , dan

H13 diterima. Kesimpulannya adalah variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton , maupun interaksi antara variasi putaran poros mesin dengan variasi penambahan aseton mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang dihasilkan oleh mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder dengan tingkat keyakinan 95%.

4.1.3.4 Analisis statistik untuk efisiensi termal efektif

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, dan interaksi keduanya terhadap efisiensi termal efektif yang dihasilkan oleh mesin uji. Dari perhitungan statistika yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.8 Analisis varian dua arah untuk efisiensi termal efektif

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	346.277	4	86.56925	1150.658	2.61
Aseton(faktor B)	19.92278	3	6.640925	88.26964	2.84
Interaksi faktor A dan B	8.734886	12	0.727907	9.675173	2
Galat	3.009381	40	0.075235		
Total	377.944	59			

Dari tabel 4.8 diketahui bahwa untuk keragaman putaran poros mesin (faktor A), penambahan aseton (faktor B), maupun interaksi keduanya diperoleh hasil dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H01, H02, dan H03 ditolak, sedangkan H11, H12, dan H13 diterima. Kesimpulannya adalah variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton , maupun interaksi antara variasi putaran poros mesin dengan variasi penambahan aseton mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap efisiensi termal efektif yang dihasilkan oleh mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.1.3.5 Analisis statistik untuk kadar gas CO di dalam gas buang

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, dan interaksi keduanya terhadap kadar gas CO di dalam gas buang yang dihasilkan oleh mesin uji. Dari perhitungan statistika yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.9 Analisis varian dua arah untuk kadar gas CO di dalam gas buang

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	20.85333	4	5.213333	122.1875	2.61
Aseton (faktor B)	0.109333	3	0.036444	0.854167	2.84
Interaksi faktor A dan B	2.304	12	0.192	4.5	2

Galat	1.706667	40	0.042667	
Total	24.97333	59		

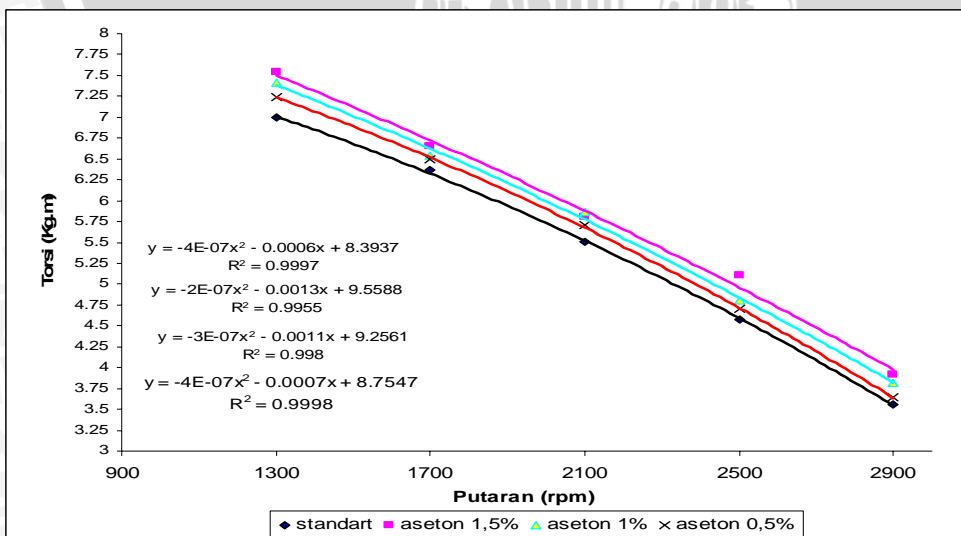
Dari tabel 4.9 diketahui bahwa untuk keragaman putaran poros mesin (faktor A), penambahan aseton (faktor B), maupun interaksi keduanya diperoleh hasil dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini berarti bahwa H_{01} , H_{02} , dan H_{03} ditolak, sedangkan H_{11} , H_{12} , dan H_{13} diterima. Kesimpulannya adalah variasi putaran poros mesin, variasi penambahan aseton, maupun interaksi antara variasi putaran poros mesin dengan variasi penambahan aseton mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap kadar gas CO di dalam gas buang yang dihasilkan oleh mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.2 Pembahasan

Hasil dari pengolahan data kemudian disajikan dalam bentuk grafik sehingga memudahkan pembahasannya. Masing-masing grafik menggambarkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi, putaran poros mesin terhadap daya efektif, putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif, putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif dan putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang pada mesin uji yang berupa motor bensin empat langkah empat silinder.

4.2.1 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi pada mesin uji dalam kondisi standar maupun dengan penambahan aseton 0,5%, 1%, dan 1,5%



Gambar 4.1 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi

Dari gambar 4.1 yaitu hubungan antara putaran poros mesin terhadap torsi dapat dilihat bahwa seiring dengan meningkatnya putaran poros maka torsi yang dihasilkan mengalami penurunan untuk semua pengujian. Penurunan torsi seiring dengan peningkatan putaran ini terjadi karena dengan bukaan *throttle* yang konstan, semakin besar putaran poros mesin yang disebabkan oleh semakin kecil beban yang diberikan, maka mengakibatkan torsi yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan:

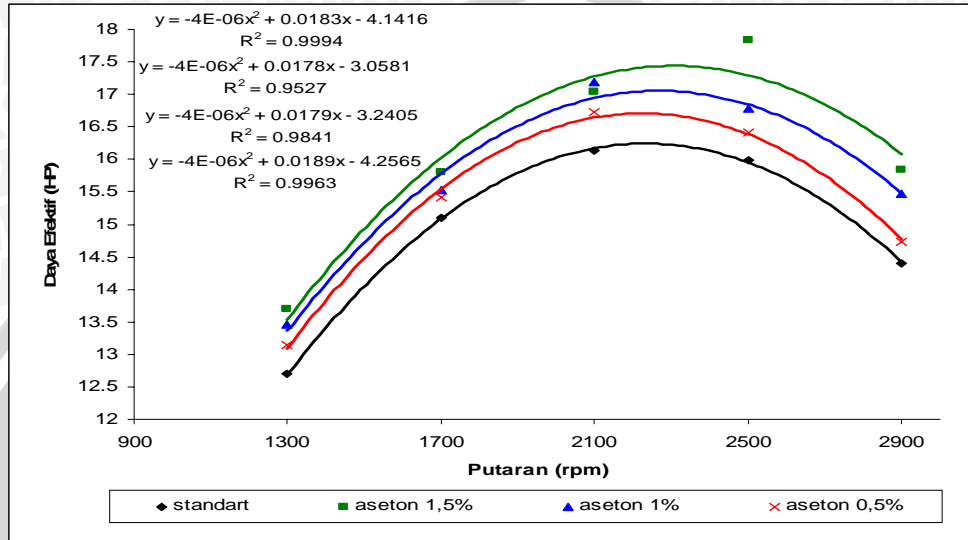
$$T = F \cdot l \quad \text{dimana: } F = \text{Pembebanan}$$
$$l = \text{panjang lengan dinamometer}$$

Penyebab lainnya adalah dengan putaran yang semakin tinggi maka gesekan-gesekan serta kerugian mekanis lainnya seperti kerugian akibat gerakan bolak balik piston semakin besar sehingga tekanan efektif rata-rata di dalam silinder akan semakin kecil yang mengakibatkan torsi yang dihasilkan semakin kecil.

Gambar 4.1 yaitu hubungan antara putaran poros dengan torsi dapat dilihat bahwa kurva karakteristik yang tertinggi adalah pengujian dengan penambahan aseton 1,5%, sedangkan yang paling rendah adalah pengujian standar (tanpa penambahan aseton). Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan aseton 1,5% didapatkan hasil yang optimal, karena dengan penambahan aseton 1,5% mampu menghasilkan penguapan yang baik pada campuran bahan bakar dan udara. Olakan yang terjadi juga membuat campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder semakin homogen sehingga pembakaran berlangsung semakin cepat. Dengan pembakaran yang semakin cepat maka tekanan yang dihasilkan di dalam silinder ketika terjadi pembakaran semakin tinggi sehingga torsi yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Pada pengujian dengan kondisi bahan bakar tanpa penambahan aseton yang diberikan pada campuran bahan bakar dan udara sehingga campuran bahan bakar dan udara kurang homogen.

4.2.2 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif pada mesin uji dalam kondisi standar maupun dengan penambahan aseton 1,5%, 1% dan 0,5%.



Gambar 4.2 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif

Gambar 4.2 yaitu hubungan antara putaran poros mesin terhadap daya efektif menunjukkan bahwa pada semua pengujian, dengan meningkatnya putaran maka daya efektif meningkat sampai pada putaran poros mesin tertentu yang kemudian pada peningkatan putaran poros mesin selanjutnya daya efektifnya akan menurun. Daya efektif dipengaruhi oleh putaran poros mesin dan torsi sesuai dengan persamaan di bawah:

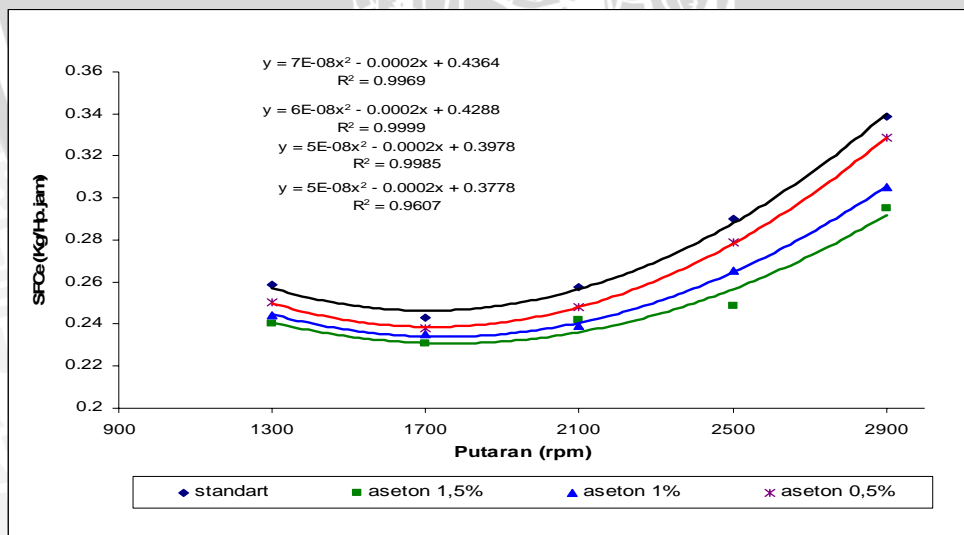
$$Ne = \frac{T \cdot n}{716.2} \quad \text{dimana: } \begin{matrix} T = \text{torsi (kg m)} \\ n = \text{putaran poros mesin (rpm)} \end{matrix}$$

Dapat dilihat bahwa daya efektif berbanding lurus dengan putaran poros mesin dan torsi. Kenaikan putaran poros mesin akan menyebabkan kenaikan daya efektif. Kemudian setelah mencapai putaran poros mesin tertentu daya efektifnya akan menurun, hal ini terjadi karena pada putaran yang tinggi penurunan torsi yang terjadi menjadi faktor yang lebih dominan daripada peningkatan putaran, karena pada putaran yang tinggi waktu untuk terjadinya pembakaran menjadi semakin singkat disebabkan oleh semakin cepat siklus, dikarenakan semakin cepatnya siklus maka kualitas pembakaran akan menurun yang berakibat menurunnya tekanan silinder hasil pembakaran. Menurunnya tekanan menyebabkan daya indikasi berkurang sehingga menyebabkan daya efektif yang dihasilkan akan turun.

Gambar 4.2 yaitu hubungan putaran poros mesin terhadap daya efektif tampak bahwa kurva karakteristik yang paling tinggi adalah pengujian dengan penambahan aseton 1,5%, pengujian standar memiliki kurva karakteristik yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena penambahan aseton sebagai aditif pada bahan bakar bensin mengakibatkan kecepatan penguapan dari bahan bakar dan udara semakin tinggi. Sedangkan kurva karakteristik yang paling rendah adalah pengujian standar dimana aseton tidak di berikan, sehingga campuran bahan bakar dan udara kurang baik. Dengan semakin rendahnya penguapan bahan bakar menyebabkan campuran bahan bakar dan udara lebih kaya dari pengujian dengan penambahan aseton yang berakibat pada turunya homogenitas campuran bahan bakar dan udara. sehingga berakibat pada lambatnya pembakaran yang terjadi. Campuran bahan bakar dan udara yang lebih miskin serta pembakaran yang lebih lambat menyebabkan temperatur pembakaran semakin rendah sehingga tekanan fluida kerja akibat pembakaran yang timbul semakin rendah. Tekanan hasil pembakaran yang lebih rendah menghasilkan daya efektif yang lebih rendah.

4.2.3 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif

Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif pada mesin uji baik dalam kondisi standar maupun dengan penambahan aseton 1,5%, 1% dan 0,5%.



Gambar 4.3 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif

Pada pembahasan ini pengertian dari konsumsi bahan bakar spesifik adalah banyaknya bahan bakar yang digunakan tiap jam untuk menghasilkan daya sebesar satu HP.

Gambar 4.3 yaitu hubungan antara putaran poros terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya putaran poros mesin maka konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin tinggi, ini disebabkan karena dengan meningkatnya putaran poros mesin maka siklus menjadi semakin cepat sehingga konsumsi bahan bakar menjadi semakin besar, sedangkan peningkatan putaran poros mesin menyebabkan daya efektif meningkat sampai putaran tertentu setelah itu menurun. Dari persamaan:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne}$$

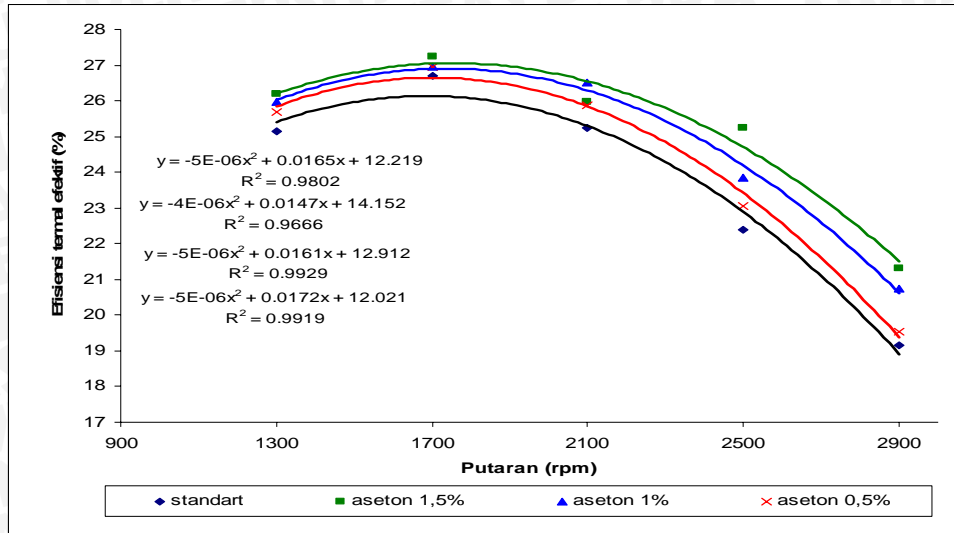
dimana: SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik
FC = konsumsi bahan bakar
Ne = daya efektif

Konsumsi bahan bakar spesifik berbanding lurus terhadap konsumsi bahan bakar dan berbanding terbalik terhadap daya efektif. Dalam hal ini peningkatan dari konsumsi bahan bakar lebih dominan dibanding peningkatan daya efektif sehingga konsumsi bahan bakar spesifik meningkat dan akan meningkat semakin tajam setelah daya efektif mengalami penurunan.

Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa pengujian dengan penambahan aseton 1,5% memiliki kurva karakteristik yang paling rendah yang berarti paling optimal, sedangkan kurva karakteristik yang paling tinggi adalah pada pengujian standar. Untuk pemasangan *bend grid* yang sama, pada pengujian dengan penambahan aseton 1,5%, 1% dan 0,5% menghasilkan penguapan yang lebih cepat pada campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder sehingga pembakaran lebih cepat. Semakin cepatnya pembakaran mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan semakin besar, sedangkan daya efektif berbanding terbalik terhadap konsumsi bahan bakar spesifik. Dengan daya efektif yang lebih besar maka konsumsi bahan bakar spesifik menjadi lebih kecil.

4.2.4 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif pada mesin uji baik dalam kondisi standar maupun dengan penambahan aseton 1,5%, 1% dan 0,5%.



Gambar 4.4 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif

Gambar 4.4 yaitu hubungan antara putaran poros mesin terhadap efisiensi termal efektif menunjukkan bahwa efisiensi termal efektif semakin menurun seiring dengan peningkatan putaran poros mesin. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tingginya putaran maka konsumsi bahan bakar spesifik semakin besar. Mengacu pada persamaan:

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} (\%)$$

Dimana:

η_e = efisiensi termal efektif (%)

Q_e = jumlah kalor yang digunakan untuk daya efektif (kkal . kg⁻¹)

Q_b = jumlah kalor dari pembakaran bahan bakar dan udara (kkal . kg⁻¹)

LHV_{bb} = nilai kalor rendah bahan bakar (kkal . kg⁻¹)

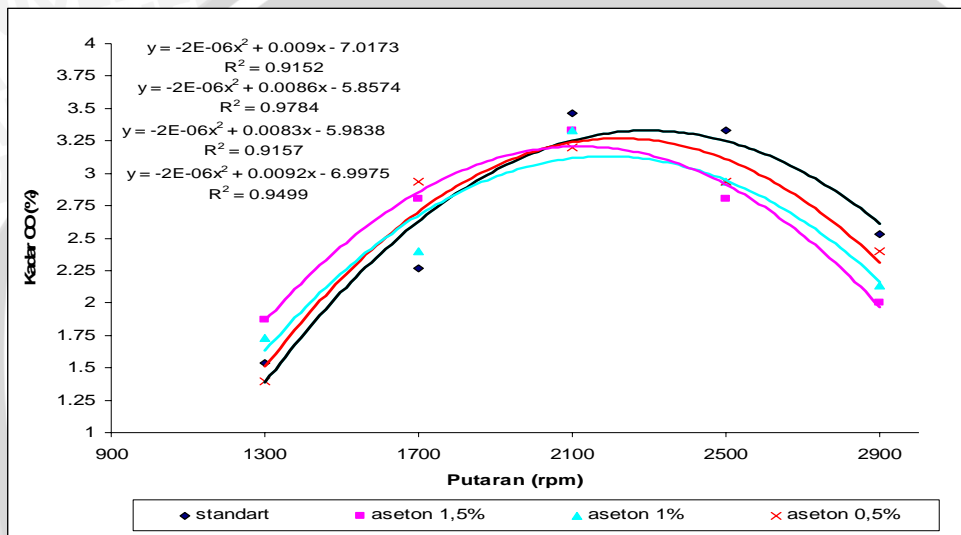
Semakin besar konsumsi bahan bakar spesifik maka efisiensi termal efektif menjadi semakin kecil sebab efisiensi termal efektif berbanding terbalik terhadap konsumsi bahan bakar spesifik.

Gambar 4.4 juga memperlihatkan bahwa kurva karakteristik pengujian dengan penambahan aseton 1,5% paling tinggi, sedangkan kurva karakteristik pengujian standar paling rendah. Hal ini sesuai dengan konsumsi bahan bakar spesifiknya, dimana penambahan aseton 1,5% memiliki kurva karakteristik konsumsi bahan bakar spesifik yang paling rendah sehingga efisiensi termal efektif yang dihasilkan memiliki kurva karakteristik yang paling tinggi. Sedangkan pada pengujian standar kurva karakteristik

konsumsi bahan bakar spesifiknya paling tinggi sehingga kurva karakteristik efisiensi termal efektifnya menjadi paling rendah.

4.2.5 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang

Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang pada mesin uji baik dalam kondisi standar maupun dengan penambahan aseton 1,5%, 1% dan 0,5%.



Gambar 4.5 Hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang

Gambar 4.5 yaitu hubungan antara putaran poros mesin terhadap kadar gas CO di dalam gas buang menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya putaran maka kadar gas CO di dalam gas buang mempunyai kecenderungan meningkat. Ini karena dengan semakin tingginya putaran poros maka terjadi penurunan dari AFR (*air fuel ratio*) dimana dengan penurunan tersebut, AFR pada mesin semakin menjauhi AFR teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, sehingga campuran menjadi kaya bahan bakar. Selain itu waktu yang tersedia untuk proses pembakaran semakin singkat akibat semakin cepatnya siklus yang terjadi. Campuran yang semakin kaya dan waktu pembakaran yang semakin singkat menyebabkan semakin banyak bahan bakar dalam campuran udara dan bahan bakar yang hanya terbakar sebagian atau tidak terbakar secara sempurna ketika terjadi proses pembakaran sehingga gas CO yang timbul sebagai gas hasil pembakaran semakin banyak di dalam gas buang.

Penurunan dari kadar gas CO di dalam gas buang yang terjadi pada putaran poros mesin yang tinggi terjadi karena pada putaran tersebut efek olakan yang terjadi semakin dominan, selain itu panas yang timbul pada putaran poros mesin yang tinggi membantu penguapan bahan bakar di dalam campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder sehingga sedikit memperbaiki kondisi pembakaran dalam silinder, meskipun berlangsung pada waktu yang singkat.

Gambar 4.5 juga menunjukkan bahwa pada putaran 1300 rpm sampai dengan putaran 2100 rpm pengujian aseton 1,5% mempunyai kurva karakteristik yang paling tinggi, kemudian pada putaran 2100 rpm sampai dengan putaran 3300 rpm, pengujian standar memiliki kurva karakteristik yang paling rendah, hal ini disebabkan karena pada putaran ini efek dari campuran bahan bakar dan udara yang mulai berkurang. akibat tidak adanya aseton maka kadar CO semakin besar pada hasil pembakaran.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data serta pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan terhadap motor bensin empat langkah empat silinder dengan penambahan aseton sebesar 0,5% , 1% , dan 1,5% serta pemasangan *bend grid* pada *intake manifold*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan aseton pada bahan bakar motor bensin empat langkah empat silinder mampu meningkatkan kinerja dari motor bensin empat langkah empat silinder.
2. Penambahan aseton dengan prosentase sebesar 1,5% memberikan hasil karakteristik kinerja yang paling optimal.

5.2 Saran

Penelitian ini masih banyak keterbatasannya, oleh sebab itu untuk selanjutnya diharapkan:

1. Dilakukan penelitian dengan menggunakan aseton dengan prosentase yang lebih bervariasi.
2. Dilakukan penelitian pengaruh sudut pengapian terhadap kinerja motor bensin empat silinder empat langkah dengan bahan bakar aseton-bensin.
3. Dilakukan penelitian pengaruh aseton-bensin pada motor bensin dengan menggunakan variasi bukaan *throttle* pada putaran yang konstan.
4. Dilakukan penelitian pengaruh aseton-bensin pada motor bensin empat langkah dengan menggunakan variasi pada *grid* dengan prosentase aseton-bensin yang konstan.

Lampiran I

Data hasil penelitian tanpa aseton

No	Putaran	Torsi (Kg.m)	Ne HP	FC (Kg/jam)	SFCe (Kg/HP.jam)	Efisiensi (%)	kadar CO (%)
1 rata-rata	1300	7.0526	12.80142	3.2788945	0.256135132	25.36118	1.6
	1300	6.9452	12.60648	3.2830189	0.260423149	24.943594	1.4
	1300	6.981	12.67146	3.2802681	0.258870564	25.093194	1.6
	1300	6.99293333	12.69312	3.2807272	0.258476282	25.132656	1.533333
2 rata-rata	1700	6.3724	15.12577	3.6708861	0.242690777	26.766115	2.4
	1700	6.3008	14.95582	3.677783	0.24590978	26.415742	2.4
	1700	6.4082	15.21075	3.6726079	0.24144816	26.903867	2
	1700	6.36046667	15.09745	3.673759	0.243349572	26.695241	2.266667
3 rata-rata	2100	5.549	16.27046	4.1516437	0.255164569	25.457646	3.6
	2100	5.5132	16.16548	4.1472458	0.256549426	25.320225	3.6
	2100	5.4416	15.95554	4.1538462	0.26033875	24.95168	3.2
	2100	5.50126667	16.13049	4.1509119	0.257350915	25.243184	3.466667
4 rata-rata	2500	4.5466	15.87057	4.6441281	0.292625219	22.198665	3.2
	2500	4.6182	16.1205	4.6358792	0.287576692	22.588372	3.2
	2500	4.5824	15.99553	4.6413752	0.290166981	22.386728	3.6
	2500	4.5824	15.99553	4.6404609	0.290122964	22.391255	3.333333
5 rata-rata	2900	3.5442	14.35099	4.869403	0.339307778	19.144534	2.4
	2900	3.5084	14.20603	4.8906933	0.344268785	18.868656	2.4
	2900	3.6158	14.64091	4.8785047	0.333210473	19.494853	2.8
	2900	3.55613333	14.39931	4.8795337	0.338929012	19.169347	2.533333



Lampiran II

Data hasil penelitian aseton 0,5 %

No	Putaran	Torsi (Kg.m)	Ne HP	FC (Kg/jam)	SFCe (Kg/HP.jam)	Efisiensi (%)	kadar CO (%)
1 rata-rata	1300	7.2674	13.19132	3.2875472	0.249220574	25.773264	1.4
	1300	7.2674	13.19132	3.2916877	0.249534454	25.740845	1.6
	1300	7.1958	13.06135	3.2889262	0.25180596	25.50864	1.2
	1300	7.24353333	13.14799	3.289387	0.250186996	25.67425	1.4
2 rata-rata	1700	6.4798	15.3807	3.6707865	0.238661805	26.913513	2.8
	1700	6.5156	15.46568	3.6673527	0.237128446	27.087546	3.2
	1700	6.4798	15.3807	3.6725059	0.238773591	26.900913	2.8
	1700	6.49173333	15.40903	3.670215	0.238187948	26.967324	2.933333
3 rata-rata	2100	5.7638	16.90028	4.1507676	0.245603492	26.152835	3.2
	2100	5.6564	16.58537	4.1507676	0.25026685	25.665515	3.2
	2100	5.6922	16.69034	4.1551669	0.24895643	25.80061	3.2
	2100	5.70413333	16.72533	4.152234	0.24827559	25.872987	3.2
4 rata-rata	2500	4.6898	16.37043	4.571895	0.279277686	22.99943	2.8
	2500	4.6898	16.37043	4.5772329	0.279603755	22.972609	3.2
	2500	4.7256	16.49539	4.5692308	0.27700043	23.188512	2.8
	2500	4.70173333	16.41208	4.5727862	0.27862729	23.053517	2.933333
5 rata-rata	2900	3.6516	14.78587	4.8429895	0.327541737	19.61041	2.4
	2900	3.6158	14.64091	4.8459827	0.330989165	19.406157	2.4
	2900	3.6516	14.78587	4.8429895	0.327541737	19.61041	2.4
	2900	3.63966667	14.73755	4.8439872	0.32869088	19.542326	2.4



No	Putaran	Torsi (Kg.m)	Ne HP	FC (Kg/jam)	SFCe (Kg/HP.jam)	Efisiensi (%)	kadar CO (%)
1 rata-rata	1300	7.5538	13.71117	3.2824415	0.239399078	26.470427	2
	1300	7.1242	12.93139	3.2838143	0.253941366	24.954563	1.6
	1300	7.5538	13.71117	3.2851883	0.239599412	26.448295	1.6
	1300	7.4106	13.45124	3.2838147	0.244313285	25.957762	1.733333
2 rata-rata	1700	6.5872	15.63563	3.651907	0.233563111	27.131835	2.4
	1700	6.5514	15.55066	3.6468184	0.234512186	27.022032	2.4
	1700	6.4798	15.3807	3.6502092	0.23732394	26.701882	2.4
	1700	6.53946667	15.52233	3.6496449	0.235133079	26.951916	2.4
3 rata-rata	2100	5.8354	17.11022	4.1172522	0.24063116	26.334893	3.6
	2100	5.8712	17.21519	4.1000522	0.238164778	26.607611	3.2
	2100	5.8712	17.21519	4.1064854	0.238538468	26.565928	3.2
	2100	5.85926667	17.1802	4.1079299	0.239111469	26.502811	3.333333
4 rata-rata	2500	4.7972	16.74532	4.4636725	0.266562351	23.773034	2.8
	2500	4.833	16.87029	4.4586031	0.264287318	23.977677	3.2
	2500	4.7972	16.74532	4.4560726	0.266108499	23.813579	2.8
	2500	4.80913333	16.78698	4.4594494	0.265652723	23.854763	2.933333
5	2900	3.8664	15.65563	4.7270319	0.301938206	20.987724	2
	2900	3.759	15.22075	4.7128451	0.309632944	20.466155	2.4

Lampiran III
Data hasil penelitian aseton 1 %



rata-rata	2900	3.8306	15.51067	4.7270319	0.304760059	20.793394	2
	2900	3.81866667	15.46235	4.722303	0.305443736	20.749091	2.133333



Lampiran IV
Data hasil penelitian aseton 1,5 %

No	Putaran	Torsi (Kg.m)	Ne HP	FC (Kg/jam)	SFCe (Kg/HP.jam)	Efisiensi (%)	kadar CO (%)
1 rata-rata	1300	7.5538	13.71117	3.2828392	0.239428089	26.259005	1.6
	1300	7.5896	13.77615	3.2883312	0.238697371	26.339391	2
	1300	7.4822	13.58121	3.285583	0.241921289	25.988384	2
	1300	7.54186667	13.68951	3.2855845	0.240015583	26.195593	1.866667
2 rata-rata	1700	6.623	15.72061	3.6518346	0.232296007	27.065224	2.8
	1700	6.6946	15.89056	3.6467532	0.229491783	27.395941	2.8
	1700	6.6588	15.80559	3.6484455	0.230832675	27.2368	2.8
	1700	6.6588	15.80559	3.6490111	0.230873489	27.232655	2.8
rata-rata	2100	5.7996	17.00525	4.1229156	0.242449572	25.931757	3.2
	2100	5.8354	17.11022	4.1272441	0.24121513	26.064465	3.2
	2100	5.7996	17.00525	4.1185961	0.242195566	25.958953	3.6
	2100	5.81153333	17.04024	4.1229186	0.241953423	25.985059	3.333333
4 rata-rata	2500	5.1194	17.87001	4.4420339	0.248574808	25.292762	2.8
	2500	5.1552	17.99497	4.432018	0.246292002	25.527193	2.8
	2500	5.0478	17.62008	4.4395257	0.251958342	24.953107	2.8
	2500	5.10746667	17.82835	4.4378592	0.248941717	25.257687	2.8
5	2900	3.938	15.94555	4.6772159	0.29332429	21.434104	2.4
	2900	3.9022	15.80059	4.6716578	0.295663568	21.264518	2

rata-rata	2900	3.9022	15.80059	4.6688836	0.295487995	21.277153	1.6
	2900	3.91413333	15.84891	4.6725858	0.294825284	21.325259	2

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran V

Tabel hubungan $\frac{P_1 - P_2}{P_1} - \varepsilon$, $\theta - P_s$ dan $\theta - \gamma_w$

➤ Hubungan antara $\frac{P_1 - P_2}{P_1}$ dan ε

$\frac{P_1 - P_2}{P_1}$	0	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
ε	1.000	0.969	0.906	0.873	0.840	0.850	0.769	0.732	0.693	0.653

Sumber: Manual book Mesin Bensin: 10

➤ Hubungan $\theta - P_s$, $\theta - \gamma_w$

θ (°C)	P_s (mmHg)	γ_w (kg/m ³)	θ (°C)	P_s (mmHg)	γ_w (kg/m ³)
0.0	4.581	0.00485	20.0	17.53	0.01730
1.0	4.925	0.00520	21.0	18.65	0.01834
2.0	5.292	0.00556	22.0	19.82	0.01943

3.0	5.682	0.00595	23.0	21.07	0.02058
4.0	6.098	0.00636	24.0	22.38	0.02179
5.0	6.540	0.00680	25.0	23.75	0.02306
6.0	7.010	0.00726	26.0	25.21	0.02438
7.0	7.511	0.00775	27.0	26.74	0.02578
8.0	8.042	0.00827	28.0	28.35	0.02725
9.0	8.606	0.00882	29.0	30.04	0.02878
10.0	9.205	0.00940	30.0	31.83	0.03039
11.0	9.840	0.01001	31.0	33.70	0.03207
12.0	10.514	0.01066	32.0	35.67	0.03384
13.0	11.23	0.01135	33.0	37.73	0.03569
14.0	11.98	0.01207	34.0	39.90	0.03762
15.0	12.78	0.01283	35.0	42.18	0.03964
16.0	13.61	0.01364	36.0	44.57	0.04175
17.0	14.53	0.01448	37.0	47.08	0.04396
18.0	15.47	0.01537	38.0	49.70	0.04627
19.0	16.47	0.01631	39.0	52.45	0.04869
			40.0	55.34	0.05120

Sumber: Manual Book Mesin Bensin: 22

Lampiran VI

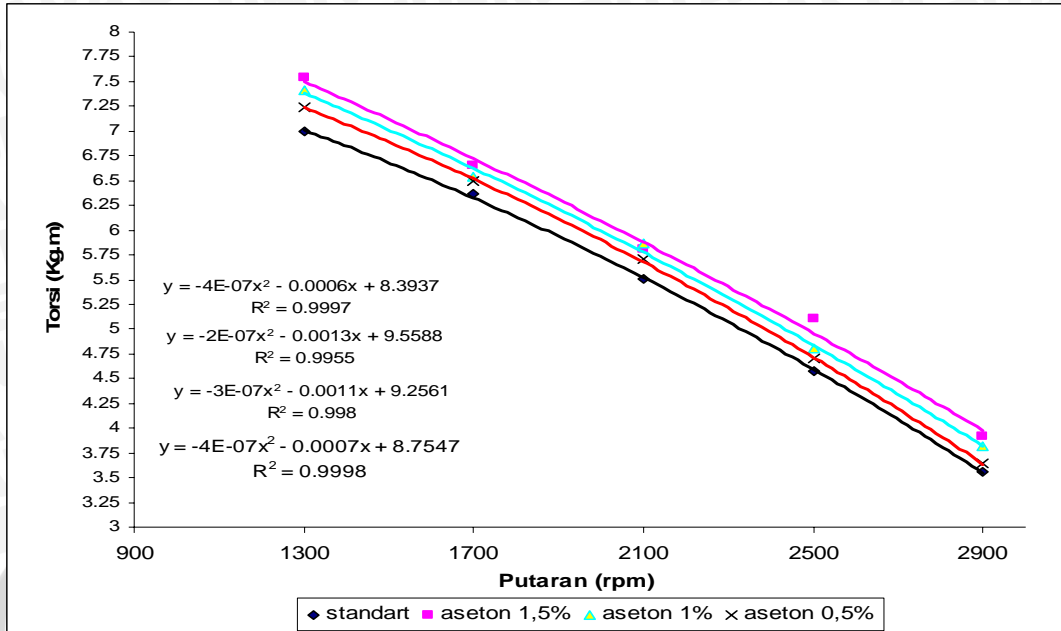
Tabel F untuk $\alpha = 5\%$



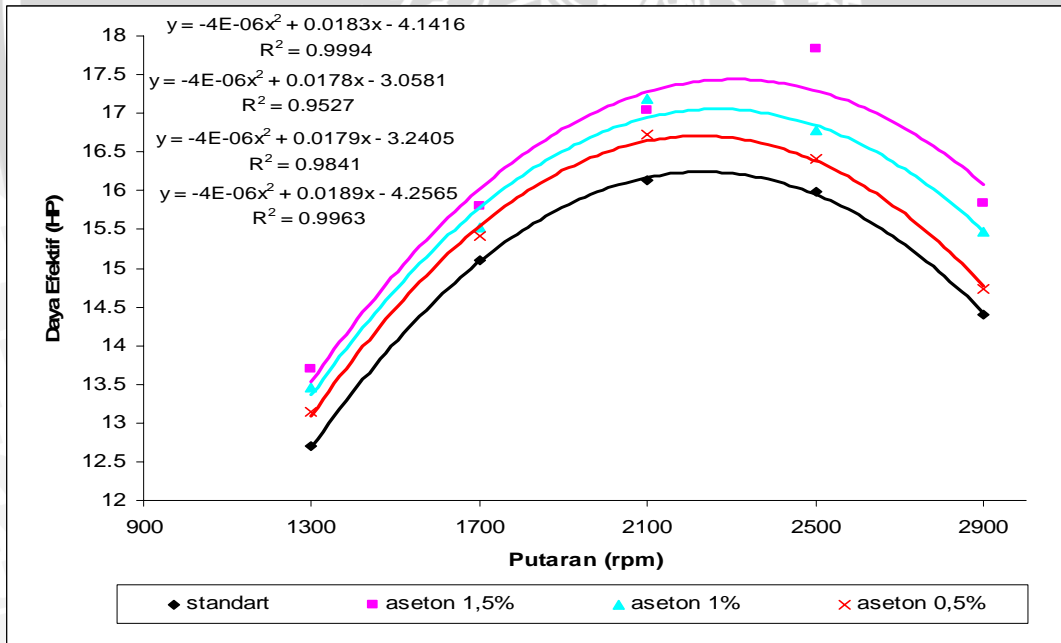
Lampiran VII

V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120	
V2	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	251	252	253	254
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.62	8.59	8.57	8.53
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.75	5.72	5.69	5.63
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.50	4.46	4.43	4.36
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.81	3.77	3.74	3.67
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.38	3.34	3.30	3.23
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.08	3.04	2.97	2.93
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.86	2.83	2.79	2.71
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.84	2.77	2.70	2.66	2.62	2.54
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.57	2.53	2.49	2.45
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.47	2.43	2.38	2.30
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.38	2.34	2.30	2.21
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.31	2.27	2.22	2.13
	15	4.45	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.25	2.20	2.15	2.07
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.19	2.15	2.11	2.06
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.15	2.10	2.06	2.01
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.11	2.06	2.02	1.97
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.07	2.03	1.98	1.93
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.04	1.99	1.95	1.90
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.92	1.87	1.82	1.77
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.08	2.01	1.93	1.84	1.79	1.74	1.68
	40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	1.99	1.92	1.84	1.74	1.69	1.64	1.58
	60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.65	1.59	1.53	1.47
	120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.55	1.50	1.43	1.35
	~	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.46	1.39	1.32	1.22
	~																	

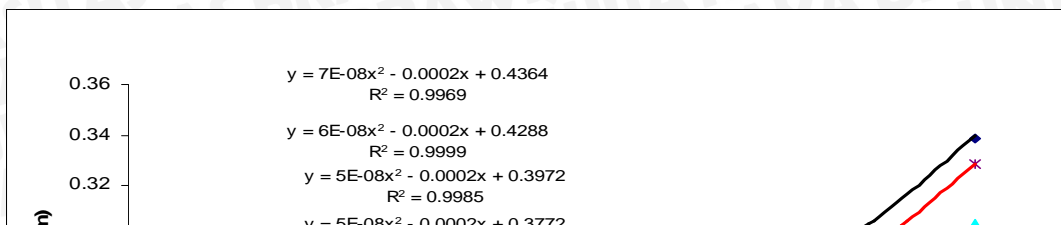
Grafik Hubungan Putaran Dengan Torsi



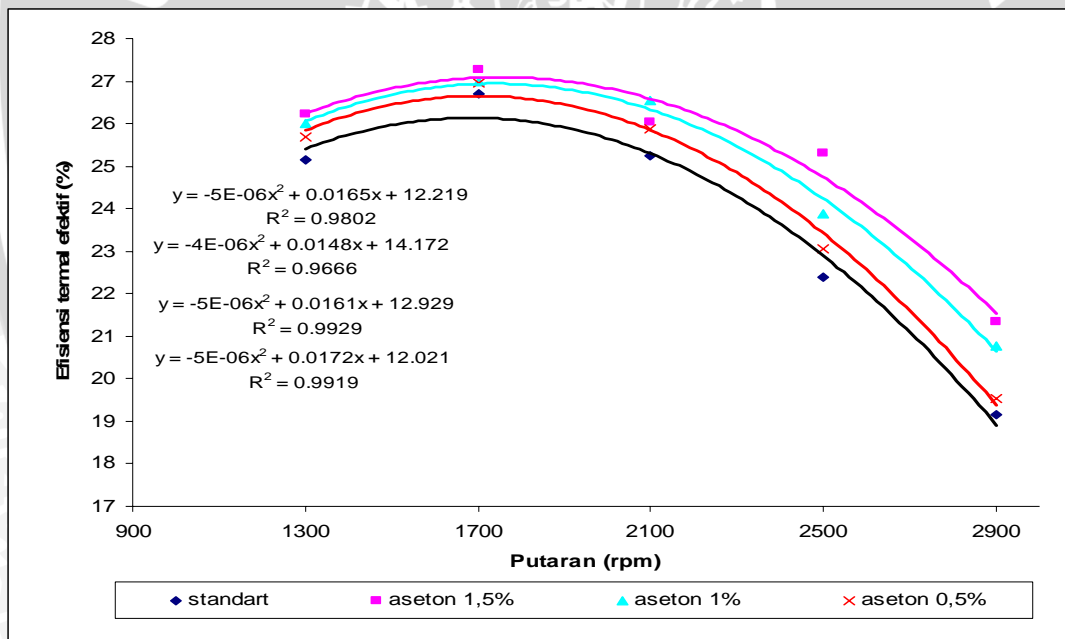
Grafik Hubungan Putaran Dengan Daya Efektif (Ne)



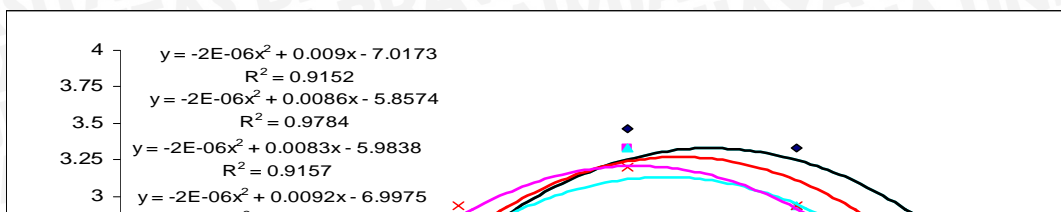
Grafik Hubungan Putaran Dengan SFCE



Grafik Hubungan Putaran Dengan Efisiensi Termal Efektif



Grafik Hubungan Putaran Dengan Kadar CO





Lampiran VIII



Anava 2 Arah

Torsi

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	94.26556	4	23.56639	4925.272	2.61
<i>Bend grid</i> (faktor B)	1.383915	3	0.461305	96.41071	2.84
Interaksi faktor A dan B	0.18054	12	0.015045	3.144345	2
Galat	0.191392	40	0.004785		
Total	96.02141	59			

Daya Efektif (Ne)

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	101.0099	4	25.25248	1000.789	2.61
<i>Bend grid</i> (faktor B)	11.61096	3	3.87032	153.3859	2.84
Interaksi faktor A dan B	114.8853	12	0.188697	7.47833	2
Galat	2.26437	40	0.025233		
Total	115.8946	59			

Spesific Fuel Consumption Effective (SFCE)

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	0.049578	4	0.012395	1413.727	2.61
<i>Bend grid</i> (faktor B)	0.006297	3	0.002099	239.4154	2.84
Interaksi faktor A dan B	0.001864	12	0.000155	17.71374	2
Galat	0.000351	40	8.77E-06		
Total	0.05809	59			

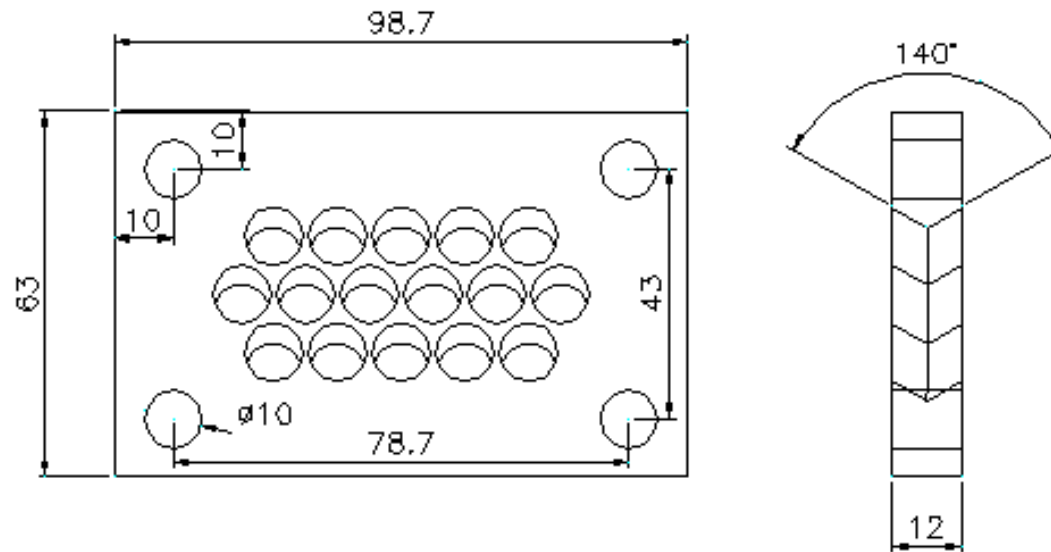
Efisiensi Termal Efektif (η_e)

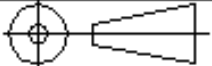
Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Putaran (faktor A)	346.277	4	86.56925	1150.658	2.61
<i>Bend grid</i> (faktor B)	19.92278	3	6.640925	88.26964	2.84
Interaksi faktor A dan B	8.734886	12	0.727907	9.675173	2
Galat	3.009381	40	0.075235		

Kadar Co

Sumber Keragaman	JK	Db	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Putaran (faktor A)	20.85333	4	5.213333	122.1875	2.61
<i>Bend grid</i> (faktor B)	0.109333	3	0.036444	0.854167	2.84
Interaksi faktor A dan B	2.304	12	0.192	4.5	2
Galat	1.706667	40	0.042667		
Total	24.97333	59			





	Skala : 1 : 1	Digambar : Eko Prasetya	Keterangan
	Satuan : mm	NIM : 0310622009	
	Tanggal : 3 - 10 - 2007	Diperiksa : Ir. Hardono Sasmito	
FT UNIBRAW	BEND GRID 140°		A4

